



PROJETO – Memória Descritiva

LN 400 kV SE 30/60/400 Grande Lago – SE Alqueva (REN)

Revisão	Data	Descrição	Elaborado	Verificado	Aprovado
0	08/03/2024	Emissão inicial	JC	AS	MP

	Nome	Assinatura	Data
Elaborado por:	José Carlos Martins		08/03/2024
Verificado por:	Alice Silva		08/03/2024
Aprovado por:	Marcelo Pereira		08/03/2024

ÍNDICE GERAL

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1. OBJETO	1
1.2. CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE LIGAÇÃO DA SUBESTAÇÃO GRANDE LAGO À RNT, A 400 kV.	3
1.3. CRITÉRIOS TÉCNICOS GERAIS	3
2. EQUIPAMENTO	5
2.1. APOIOS	5
2.2. FUNDAÇÕES	6
2.3. CABOS	7
2.3.1. ASPETOS GERAIS DO DIMENSIONAMENTO.....	7
2.3.1.1. ASPETOS MECÂNICOS.....	7
2.3.1.2. ASPETOS ELÉTRICOS	7
2.3.2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ASSOCIADAS A CABOS.....	8
2.4. ACESSÓRIOS DOS CABOS CONDUTORES E DE GUARDA	9
2.5. AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES	10
2.6. CADEIAS DE ISOLADORES	11
2.6.1. ASPETOS DE DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO.....	11
2.6.2. ACESSÓRIOS DE CADEIAS	12
2.6.3. FIXAÇÃO À ESTRUTURA.....	13
2.7. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO	13
2.8. CIRCUITO DE TERRA DOS APOIOS.....	14
2.8.1. NORMALIZAÇÃO ADOTADA.....	14
2.8.2. CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CIRCUITOS DE TERRA.....	15
3. CÁLCULOS.....	16
3.1. CÁLCULOS ELÉTRICOS.....	16
3.1.1. RESISTÊNCIA ELÉTRICA LINEAR DOS CONDUTORES	16
3.1.2. CAPACIDADE TÉRMICA.....	16
3.1.3. EFEITO COROA. CAMPO ELÉTRICO CRÍTICO. PERDAS POR EFEITO COROA	19
3.1.4. CONSTANTES ELÉTRICAS DA LINHA.....	21
4. DIRETRIZ DA LINHA	21
4.1. LOCALIZAÇÃO	21
5. TRAVESSIAS DE VIAS DE COMUNICAÇÃO.....	22
5.1. TRAVESSIAS DE ESTRADAS	22
5.2. TRAVESSIAS DE SERVIDÕES DE VIAS-FÉRREAS	22
5.3. TRAVESSIAS DE CURSOS DE ÁGUA.....	22

5.4. SERVIÇOS AERONÁUTICAS CIVIS E MILITARES	22
5.5. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM LINHAS DE TELECOMUNICAÇÕES	22
5.6. CRUZAMENTOS COM OUTRAS LINHAS ELÉTRICAS AÉREAS.....	23
5.7. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM GASODUTOS	23
6. BALIZAGEM AÉREA	23
6.1. SINALIZAÇÃO PARA AERONAVES	23
6.1.1. BALIZAGEM DIURNA	24
6.1.2. BALIZAGEM NOTURNA.....	24
6.2. SINALIZAÇÃO PARA AVES	25
6.3. CONTACTOS ACIDENTAIS COM PEÇAS EM TENSÃO	26
6.4. RELAÇÃO DE OBSTÁCULOS A LIGAR À TERRA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO DE TERRA	26
7. EFEITOS DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS.....	26
7.1. VALORES LIMITES.....	26
7.2. CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO	27
7.2.1. MODELO DE CÁLCULO	27
7.2.2. VALORES CALCULADOS	29
7.3. CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO	30
7.3.1. MODELO DE CÁLCULO	30
7.3.2. VALORES CALCULADOS	31
7.4. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO PROJETO PARA MINIMIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO	31
8. ELEMENTOS DO PROJETO.....	32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Características gerais dos apoios	5
Tabela 2.2 – Fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto	6
Tabela 2.3 – Distâncias de segurança	9
Tabela 2.4 – Classificação da poluição ao longo da linha	11
Tabela 2.5 – Tipo de cadeias a aplicar	11
Tabela 2.6 – Distâncias mínimas condutor-apoio, desviadas ou não pelo vento, de acordo com a norma EN 50341	12
Tabela 2.7 – Limites especificados para a tensão de contacto e de passo	14
Tabela 2.8 – Características do tipo de circuito de terra apresentado	16
Tabela 3.1 – Correntes de defeito trifásico previstas	19
Tabela 3.2 – Comportamento dos cabos em regimes de defeito	19
Tabela 3.3 – Campo elétrico máximo à superfície dos condutores	20
Tabela 3.4 – Perdas anuais	21
Tabela 3.5 – Grandezas diretas.....	21
Tabela 3.6 – Grandezas homopolares.....	21
Tabela 4.1 – Localização da linha, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal.....	21
Tabela 5.1 – Cruzamento com outras linhas elétricas	23
Tabela 7.1 – Limites de exposição a campos elétricos e magnéticos a 50 Hz.....	26
Tabela 7.2 – Valores calculados do campo elétrico	30
Tabela 7.3 – Valores calculados do campo magnético	31

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. OBJETO

A presente memória descritiva refere-se ao projeto da linha, a 400 kV, que fará a ligação da Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago (SE Grande Lago) 7ª Subestação de Alqueva (SE Alqueva), propriedade da REN, S.A., com o objetivo de interligação da Central Híbrida do Grande Lago à Rede Nacional de Transporte (RNT), para permitir o escoamento da energia produzida.

O projeto da Central Híbrida do Grande Lago, composto por dois núcleos eólicos (núcleo poente e núcleo nascente) e por um núcleo fotovoltaico flutuante, nasce com o intuito de aproveitar os recursos Sol e Vento, cujo potencial de exploração em Portugal é extremamente elevado, em comparação com outros países europeus em que não tem uma expressão quantitativa tão favorável. Em Portugal, as potencialidades de aproveitamento da energia solar, mesmo que em pequenas escalas, é deveras considerável e substancial no sentido da substituição dos combustíveis fósseis.

O *mixing* energético nacional apresenta uma lacuna evidente, que se traduz no facto de nos anos secos, em que a produção hídrica diminui drasticamente, o país ser obrigado a importar essa energia de Espanha e de França, aumentando simultaneamente a produção das centrais a gás (combustível também importado), e em ambos os casos fazendo sair recursos financeiros que se traduzem num desequilíbrio das contas com o exterior nos anos secos.

Assim, considera o proponente que o recurso solar e eólico pode, no momento atual, e com o correto dimensionamento, ser competitivo em termos de mercado, contribuindo para um aumento da autonomia energética do país, evitando a dependência de recursos como o gás natural e o carvão (necessariamente importados), a que acresce o facto de um contributo decisivo no aspeto de segurança energética nacional ao funcionar em “*tandem*” com a produção hídrica quando observado na perspetiva das características do *mixing* da produção energética.

Importa ter em conta os objetivos estabelecidos pelo país, nomeadamente, no Plano Nacional Integrado de Energia e Clima (PNEC 2030), que é o principal instrumento de política energética e climática para o período 2021-2030, tendo sido aprovado em Conselho de Ministros de 21 de maio de 2020 e posteriormente publicado através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho. As medidas nele incluídas terão um papel fundamental para assegurar a concretização dos objetivos e metas, em matéria de energia e clima, definidos para Portugal no horizonte 2030. Este plano substitui o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) após 2020 e está igualmente orientado para os objetivos a longo prazo de

Portugal, rumo à neutralidade carbónica, através da articulação com o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050).

A construção da Central Híbrida do Grande Lago contribui, assim, para alcançar as metas que Portugal assumiu referentes ao Quadro da Diretiva Comunitária, relativa a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia. Após as fortes apostas na energia hídrica e eólica, a energia solar posiciona-se como a tecnologia com maior potencial de desenvolvimento em Portugal durante a próxima década.

Na perspetiva de desenvolvimento de trabalho conjunto (técnico/económico e ambiental), sobre a área disponível para instalação da Central Híbrida do Grande Lago, foram desenvolvidos os necessários estudos.

O projeto da Central Híbrida (CH) do Grande Lago compreende as seguintes infraestruturas:

- Núcleo Fotovoltaico Flutuante;
- Núcleo Eólico Nascente;
- Núcleo Eólico Poente;
- Subestação 30/60 kV de Vera Cruz;
- Subestação de 30/60/400 kV do Grande Lago.

E ainda pelas seguintes linhas de ligação:

- Linha Elétrica Mista, a 30 kV, de ligação do Núcleo Fotovoltaico Flutuante (NFF) à Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago, denominada de LN30 kV NFF - SE 30/60/400 kV Grande Lago;
- Linha Elétrica Mista, a 30 kV, de ligação do Núcleo Eólico Poente (NEP) ao Núcleo Eólico Nascente (NEN), denominada de LN30 kV NEP - NEN;
- Linha Elétrica Aérea, a 60 kV, de ligação da Subestação 30/60 kV de Vera Cruz à Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago, denominada de LN60 kV SE 30/60 kV de Vera Cruz - SE 30/60/400 kV Grande Lago;
- Linha Elétrica Aérea, a 400 kV, de ligação da Subestação 30/60/400 kV do Grande Lago à Subestação de Alqueva (REN), denominada de LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN).

1.2. CARACTERÍSTICAS DA LINHA DE LIGAÇÃO DA SUBESTAÇÃO GRANDE LAGO À RNT, A 400 kV

A ligação da Subestação (SE) 30/60/400 kV do Grande Lago à RNT será feita através de uma linha aérea de terno simples, a 400 kV, até à Subestação (SE) de Alqueva. Esta linha tem uma extensão total de cerca de 1.41 km, com dois cabos condutores por fase (geminados), dispostos em apoios de esteira horizontal desde o pórtico da SE Grande Lago ao apoio P2 e, deste em diante, em apoios de esteira vertical. Está prevista a utilização de apoios do tipo Q e DL, cabos condutores do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE) e cabos de guarda tipo OPGW+DORKING.

A linha será estabelecida entre a SE Grande Lago, a construir no concelho de Vidigueira, na freguesia de Pedrógão e a SE Alqueva da RNT, Rede Nacional de Transporte, de que é concessionária a REN - Rede Elétrica Nacional, S.A., sita na mesma freguesia e concelho.

Uma das premissas bases da distribuição de apoios do projeto consistiu na não afetação de azinheiras e sobreiros.

1.3. CRITÉRIOS TÉCNICOS GERAIS

Do ponto de vista técnico, o projeto a que se refere a presente memória, será constituído pelos elementos estruturais normalmente usados em linhas do escalão de tensão de 400 kV, nomeadamente:

- ≡ Apoios reticulados em aço da família Q, utilizados em linhas aéreas simples;
- ≡ Apoios reticulados em aço da família DL, utilizados em linhas aéreas duplas;
- ≡ Fundações do apoio constituídas por quatro maciços independentes formados por uma sapata e uma chaminé prismática;
- ≡ Dois cabos condutores por fase, em alumínio-aço, do tipo ACSR 595 (ZAMBEZE);
- ≡ Dois cabos de guarda, do tipo OPGW e ACSR 153 (DORKING);
- ≡ Isoladores de vidro temperado do tipo U160BS;
- ≡ Cadeias de isoladores e acessórios adequados ao escalão de corrente de defeito máxima de 50 kA;
- ≡ Circuitos de terra do apoio dimensionados de acordo com as características dos locais de implantação.

Nos aspetos técnicos regulamentares e/ou normativos, entre outros, observar-se-ão os seguintes no âmbito nacional:

- ≡ EN 50341-1- Overhead electrical lines exceeding AC 1kV. *Part 1: General requirements – Common specifications*;
- ≡ EN 50341-3-17 - *National Normative Aspects (NNA) for Portugal*;
- ≡ Dec. Reg. 1/92 - Anexo: Regulamento de Segurança de Linhas Elétricas de Alta Tensão (RSLEAT);
- ≡ Circulares da Direção Geral de Aviação Civil;
- ≡ Condicionalismos relativos aos diversos Planos de Diretores Municipais (PDM);
- ≡ Portaria 1421/2004 de 23 de novembro, que fixa os níveis de referência relativos à exposição da população aos Campos Eletromagnéticos;
- ≡ Decreto-Lei nº 11/2018 de 15 de fevereiro que estabelece os critérios de minimização e monitorização de exposição da população a CEM que devem orientar o planeamento e a construção das linhas;
- ≡ Legislação relativa à Avaliação de Impacte Ambiental (AIA);
- ≡ Legislação referente ao Domínio Hídrico;
- ≡ Legislação relativa à Reserva Agrícola Nacional (RAN), incluindo o Regime Florestal;
- ≡ Legislação relativa à Reserva Ecológica Nacional (REN);
- ≡ Lista Especificações Técnicas da REN, SA.;
- ≡ Lista de Documentos Técnicos de Referência elaborados pela REN, SA;
- ≡ Normativos e Publicações da CEI, ISO e CENELEC aplicáveis;
- ≡ Legislação relativa a Projeto de elementos tipo de apoios;
- ≡ Regulamento de Proteção às Espécies Florestais e Agrícolas;
- ≡ Regulamento Geral do Ruído (Dec. – Lei n.º 9/2007 de 17 de janeiro);
- ≡ Legislação relativa a Serviços Administrativos;

e internacionais sobre os temas:

- ≡ Tensões Induzidas - *National Electrical Safety Code, USA (NESC)*;

- ≡ Perturbações Radioelétricas - *Comité International Spécial des Perturbations Radiophoniques (CISPR)*;
- ≡ Critérios de Funcionamento da Linha em Regime de Curto-circuito.

Note-se que constitui premissa base do projeto a não afetação de azinheiras e de sobreiros.

2. EQUIPAMENTO

2.1. APOIOS

Os apoios da família Q e DL e respetivas fundações foram já licenciados como elementos tipo das linhas da RNT pelo que se referem seguidamente apenas as respetivas características gerais. Os desenhos das silhuetas dos apoios constituem o Anexo A.02.

As estruturas dos apoios são constituídas por estruturas metálicas treliçadas convencionais, formadas por perfis L de abas iguais ligados entre si diretamente ou através de chapas de ligação e parafusos. Os apoios da família Q e DL, incluindo perfis e chapas, estão calculados para o aço de designação: Fe510C/S355JO ($\sigma_c = 355 \text{ N/mm}^2$) ⁽¹⁾.

Os parafusos são de classe 8.8, conforme desenhos de construção, de rosca métrica, segundo norma DIN 7990, normalização adotada em regra na Europa com a vantagem de possuir uma gama de espigões de comprimentos bem adaptados para a utilização em estruturas metálicas e em apoios de linhas elétricas em particular.

A proteção dos apoios contra a corrosão é assegurada por zincagem a quente, a qual tem uma espessura mínima de 70 μm nas peças com espessura inferior ou igual a 6 mm e 80 μm nas peças de espessura superior a 6 mm.

As diversas dimensões tipo, são as seguintes:

Tabela 2.1 – Características gerais dos apoios

Família de apoios	Altura útil mínima ao solo [m]	Altura útil máxima ao solo [m]	Altura total máxima [m]	Envergadura [m]
Q	20.6	40.6	45.6	24.1
DL	24.0	52.0	74.6	17.0

⁽¹⁾ Designação segundo EN 10025 e de acordo com EN 10027 e ECSS/IC 10.

2.2. FUNDAÇÕES

As fundações para os apoios indicados no ponto anterior são constituídas por quatro maciços de betão independente, com sapata, chaminé prismática e armadura de aço. Conforme estipula a regulamentação as fundações associadas aos apoios são dimensionadas para os mais elevados esforços que lhe são comunicados pela estrutura metálica, considerando todas as combinações regulamentares de ações. O dimensionamento destas fundações é, por sua vez, dependente das condições geotécnicas do terreno onde são implantadas.

Assim, *a priori*, as fundações são definidas para condições “médias” de terreno correspondentes a uma caracterização tipo de “areia fina e média até 1 mm de diâmetro de grão” a que correspondem as características:

- ≡ Massa volúmica = 1600 kg/m³;
- ≡ Ângulo de talude natural = 30 a 32°;
- ≡ Pressão admissível = 200 a 300 kPa.

Quanto às características do betão, em condições normais, são as que correspondem ao do betão tipo C30/37, caracterizado pela sua resistência à compressão aos 28 dias de 30 MPa (provetes cilíndricos).

As fundações são dimensionadas ao arrancamento, na generalidade dos casos abrangidos pelas condições “médias” de terreno, pelo método do peso de terreno estabilizante, calculado pelo tronco de pirâmide de abertura a 30° e desprezando a contribuição da força de atrito do terreno.

Na tabela seguinte podemos observar o tipo de fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto:

Tabela 2.2 – Fundações características para os apoios utilizados na linha em projeto

Tipo de Apoio	Tipo de Fundação
QT	DRE135
DLT	DRE266

Na fase de piquetagem, previamente à construção, são detetadas as situações que serão objeto de dimensionamento específico do ponto de vista geométrico e geotécnico. No primeiro caso trata-se de adaptar o apoio ao terreno, utilizando pernas desniveladas ou maciços de configuração especial, no segundo caso trata-se de verificar e/ou redimensionar os maciços face aos valores que as grandezas acima referidas apresentam nos locais de implantação.

O Anexo A.03 contém os esquemas das fundações normais dos apoios reticulados a instalar.

2.3. CABOS

2.3.1. ASPETOS GERAIS DO DIMENSIONAMENTO

As características mecânicas e elétricas dos cabos estão indicadas no Anexo A.05, as condições gerais de utilização são as habitualmente adotadas pela REN, SA. neste tipo de cabos. Um dos cabos instalados na posição de cabo de guarda será de facto um cabo tipo OPGW (*Optical Ground Wire*), o qual possui no seu interior fibras óticas destinadas às funções de telemedida e telecontrole bem como de telecomunicações em geral.

2.3.1.1. ASPETOS MECÂNICOS

- ≡ Cabos Condutores: **ACSR 595 mm² - ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A)**
- ≡ Cabos de Guarda: **DORKING (96-AL1/56-ST1A) + OPGW (AS/AA 39/94 AST 2x20 FO)**

As condições de trabalho dos cabos e de estabelecimento impostas no Caderno de Encargos, traduzidas numa distância mínima ao solo de 14 metros para o nível de tensão de 400 kV, assim como a ocorrência de árvores de espécies protegidas que têm de ser preservadas, conduziram aos valores dos parâmetros e trações horizontais dos cabos condutores e cabos de guarda.

A linha em projeto foi calculada para as condições de “Zona A”, garantindo as condições mecânicas exigidas na condição EDS (*Every Day Stress*)⁽²⁾ máximo, e garantindo as condições de estabilidade das cadeias de Isoladores, é incluída uma relação dos ângulos de oscilação das cadeias de suspensão na situação convencionalmente utilizada para a verificação dos desvios máximos para a temperatura de 15°C e metade do vento máximo.

A fim de prevenir a ocorrência de defeitos nos cabos originados por dobragem excessiva nos pontos de fixação aos apoios foram verificados os ângulos de enrolamento dos cabos condutores nas pinças de suspensão.

2.3.1.2. ASPETOS ELÉTRICOS

Do ponto de vista elétrico, o cálculo efetuado para os apoios DLT (com separadores de 40 cm), com o cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) e para a tensão nominal da linha, conduz a um campo elétrico máximo à superfície dos condutores de 16.02 kV/cm. Do ponto de vista das perdas por efeito de coroa, assim como do ruído acústico e interferência radioelétrica, este valor é aceitável. Por outro lado, a utilização

⁽²⁾ O EDS é definido em Portugal a uma temperatura dos condutores de 15°C e ausência de vento. Pretende traduzir aquelas condições atmosféricas a que corresponde um maior grau de probabilidade de ocorrência, o valor médio mais frequente. O valor percentual indicado representa a percentagem da tração nestas condições em função da tração última (i.e., de rotura) do cabo.

do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) associada às alturas ao solo impostas neste projeto conduz a valores de campo elétrico ao nível do solo inferiores aos limites definidos, na Portaria 1421/2004 de 23 de novembro, que retomam os valores estipulados por organismos internacionais (ICNIRP) e adotados na União Europeia (ver 7 e o Anexo A.09).

No que diz respeito ao comportamento dos cabos em situações de defeito, considerou-se o nível máximo de corrente de defeito de $0.95 \times 50 \text{ kA} = 47.5 \text{ kA}$, visto que 5% da corrente de curto-circuito se escoia para a subestação mais longe. O cabo ZAMBEZE (565-AL1/30-ST1A), apresenta-se dimensionado para correntes de curto-circuito máximas de 23.75 kA para 0.35 s, correspondendo a uma temperatura máxima do cabo de 83.61°C ($T_{\text{inicial}} = 75^\circ\text{C}$).

O mesmo se passa com os cabos de guarda do tipo ACSR 153 (DORKING), os quais são elementos importantes na segurança de pessoas, dado o efeito moderador na distribuição da corrente de defeito, transportando a maior parte daquela e reduzindo, portanto, a corrente que é escoada para o solo via poste. Em relação à ação protetora ou de blindagem dos condutores, que se reflete na qualidade de serviço da Rede de Transporte, os cabos de guarda do tipo ACSR 153 (DORKING) encontram-se bem dimensionados para uma corrente de descarga atmosférica de 20 kA.

A linha possui em toda a extensão dois cabos de guarda. Admitindo um defeito de 50 kA num dos extremos da linha, ter-se-ia em cada cabo uma corrente de $0.75 \times 50 / 2 = 18.75 \text{ kA}$ (supondo o escoamento de 75 % da corrente de defeito pelos cabos de guarda, e 25 % da mesma é conduzida pelo poste para terra), correspondendo a uma temperatura máxima de 129°C e 167°C , para os cabos de guarda DORKING (96-AL1/56-ST1A) e OPGW (AS/AA 39/94 AST 2x20 FO), respetivamente ($T_{\text{inicial}} = 30^\circ\text{C}$).

2.3.2. DISTÂNCIAS DE SEGURANÇA ASSOCIADAS A CABOS

Sobre este tema observa-se o disposto no RSLEAT (DR 1/92), onde se definem várias distâncias mínimas, como:

- ≡ Ao solo;
- ≡ Às árvores;
- ≡ Aos edifícios;
- ≡ Às autoestradas e Estradas Nacionais;
- ≡ Entre cabos de guarda e condutores;
- ≡ Entre condutores, etc.

Em relação às distâncias de segurança, particularmente aos obstáculos a sobrepassar (solo, árvores, edifícios, estradas, etc.) deve dizer-se que estas serão verificadas para a situação de flecha máxima, ou seja, temperatura dos condutores de 85°C sem sobrecarga.

Neste projeto, adotaram-se os critérios definidos pelas especificações técnicas da REN, S.A. os quais estão acima dos mínimos regulamentares, criando-se assim uma servidão menos condicionada e aumentando-se o nível de segurança em geral. Na tabela seguinte mostram-se os valores adotados:

Tabela 2.3 – Distâncias de segurança

Obstáculos	400 kV	
	Critério adotado REN [m]	Critério RSLEAT [m]
Solo	14.0	8.0
Árvores	8.0	5.0
Edifícios	8.0	6.0
Estradas	16.0	10.3
Vias-férreas eletrificadas ⁽³⁾	16.0	16.0
Vias-férreas não eletrificadas	15.0	10.3
Outras linhas aéreas ⁽³⁾	7.0	6.5
Obstáculos Diversos	7.0	5.0

2.4. ACESSÓRIOS DOS CABOS CONDUTORES E DE GUARDA

Os acessórios de fixação (pinças de amarração e de suspensão) e os de reparação (uniões e mangas de reparação) estão dimensionados para as ações mecânicas transmitidas pelos cabos e para os efeitos térmicos resultantes do escalão de corrente de defeito máxima (50 kA).

As uniões e pinças de amarração dos cabos, ACSR 595 (ZAMBEZE) são do tipo de compressão, constituídas por um tubo de aço que se comprime sobre a alma de aço e por um tubo de alumínio que se comprime na superfície do cabo condutor. Qualquer destes acessórios tem uma carga de rotura não inferior à dos cabos, e particularmente as uniões devem garantir aquela carga simultaneamente com uma resistência elétrica inferior a um troço de cabo de igual comprimento. Os valores de dimensionamento conduzem assim a uma carga última de rotura destes acessórios não inferior a 150 kN e temperatura final do material abaixo do limite térmico para correntes de 50 kA durante 0.4 s.

⁽³⁾ Considerando o ponto de cruzamento a 200 m do apoio mais próximo.

A amarração do OPGW realiza-se sem corte do cabo e este é fixado por um conjunto de varetas pré-formadas que fornecem o necessário aperto.

As pinças de suspensão para fixação dos condutores e cabos de guarda nos apoios de suspensão são do tipo AGS – *Armour Grip Suspension*. Este tipo de pinças, normalizadas nas linhas da REN, S.A., fixam o cabo através de um sistema de varetas helicoidais pré-formadas e de uma manga de neopreno, apresentando características particularmente favoráveis no que diz respeito à redução ou eliminação de danos causados aos fios que formam o cabo na zona de fixação, em resultado de fadiga causada por vibrações eólicas.

Serão usados separadores de 400 mm e com a função dupla de amortecedor/separador (na linguagem anglo-saxónica como *Speed-Grip Spacers*) com parafuso de topo *break-away*.

2.5. AMORTECEDORES DE VIBRAÇÕES

Consideram-se aqui os problemas de fadiga causada por vibrações eólicas sobre os fios dos cabos, uma vez que este problema não se coloca em relação aos apoios (estes têm uma frequência própria de vibração muito baixa). Apesar das conhecidas características redutoras de danos de fadiga nos cabos condutores associadas ao uso de pinças de suspensão AGS, tanto estes como os cabos de guarda estão sujeitos a regimes de vibrações eólicas, que exigem a adoção de sistemas especiais de amortecimento das mesmas. Alguns fatores determinam o comportamento dos cabos nestas circunstâncias:

- ≡ Características de inércia (massa) e de elasticidade;
- ≡ Características dos acessórios de fixação dos cabos;
- ≡ Tensão mecânica de esticamento (normalmente referenciada ao EDS);
- ≡ Geometria dos vãos;
- ≡ Regime dos ventos (geralmente os regimes de rajada que condicionam as trações máximas sobre cabos e estruturas, não produzem fadiga nos cabos; são neste caso os regimes lamelares de velocidade baixa-média que produzem as vibrações de mais alta frequência que conduzem a problemas de fadiga mecânica; os terrenos de baixa rugosidade oferecem em geral as condições topográficas para a ocorrência deste tipo de ventos).

A modelização matemática deste fenómeno, com a intenção de produzir resultados generalizáveis a todas as circunstâncias de projeto é bastante complexa e uma perspetiva de cálculo caso a caso não é prática. De um modo geral, em função da parametrização das grandezas acima referidas, são projetados

amortecedores, cujas características de inércia e elásticas permitem o amortecimento num espetro relativamente largo de frequências na gama das expectáveis. A geometria de colocação no vão é geralmente definida através de regras empíricas e de uma análise estatística baseada numa amostragem significativa de ensaios, medidas laboratoriais e experiência de utilização. Assim para este projeto, a colocação de amortecedores será efetuada após a regulação dos cabos e com base em estudos específicos a realizar pelo fornecedor deste tipo de equipamentos.

2.6. CADEIAS DE ISOLADORES

2.6.1. ASPETOS DE DIMENSIONAMENTO ELÉTRICO

Serão usados isoladores de calote e haste em vidro do tipo U160BS para a linha e nas amarrações ao Pórtico. Estes isoladores que classificaremos de “normais” estão bem adaptados às zonas de poluição média, que caracterizam todo o corredor da linha. Por outro lado, do ponto de vista do diâmetro do espigão é suficiente para as correntes de defeito previstas. As características destes isoladores estão tabeladas no Anexo A.06.

Tabela 2.4 – Classificação da poluição ao longo da linha

Postes	Poluição	Carga de rotura [kN]
Toda a linha	Ligeira / Média	160

Para as zonas de poluição ligeira/média a linha de fuga a considerar é de 20 mm/kV (tensão composta) ⁽⁴⁾, de acordo com o que se define a composição adequada para os diferentes tipos de cadeias na linha, a saber:

Tabela 2.5 – Tipo de cadeias a aplicar

Nível de Tensão [kV]	Função da Cadeia Isoladores	Tipo e Quantidade Isolador	Plano/Desenho
400	Cadeias de amarração dupla (pórticos das subestações)	2 x 23 U160BS	PL 10192
400	Cadeias de amarração dupla	2 x 23 U160BS	PL 10193

De acordo com o Guia de Coordenação de Isolamento (atualização de 2013) serão retiradas as hastes de descarga reguláveis nas cadeias de amarração aos pórticos e colocados descarregadores de sobretensão de baixa tensão residual na entrada dos painéis de linha. O comprimento da linha de fuga

⁽⁴⁾ Vd. Norma CEI-60815.

das cadeias com isoladores U160BS é 8740 mm (20.81 mm/kV).

Estas distâncias estão devidamente coordenadas com as distâncias mínimas entre peças em tensão e as partes metálicas das estruturas (massa) - que o RSLEAT preconiza para situação em repouso e desviada pelo vento, respetivamente, 2700 e 2600 mm - valores respetivamente inferiores aos mínimos preconizados pela REN, S.A.⁽⁵⁾ nos intervalos correspondentes e que são, [3111 – 3186] e [2600] em mm para uma variação da distância entre hastes de guarda respetivamente correspondente de, [2828 – 2896] em mm.

Tabela 2.6 – Distâncias mínimas condutor-apoio, desviadas ou não pelo vento, de acordo com a norma EN 50341

Tensão mais elevada [kV]	Distância mínima condutor-apoio em repouso [m]		Distância mínima condutor-apoio com vento [m]	
	Ao braço ou estrutura kg=1.45	Dentro da janela kg=1.25	Ao braço ou estrutura kg=1.45	Dentro da janela kg=1.25
420	2.60	3.24	1.12	1.34

2.6.2. ACESSÓRIOS DE CADEIAS

Os acessórios de 400 kV estão adaptados ao escalão de corrente de defeito de 50 kA, durante 0.4 s, sendo a densidade máxima de corrente limitada a 75 A/mm².

As hastes de guarda nas cadeias de amarração e suspensão com isoladores U160BS são em varão de aço de Ø 25 mm, os anéis de descarga são em tubo de aço de Ø 60 mm, e com uma abertura de 50 mm e secção mínima de 500 mm².

Ainda relativamente aos dispositivos de proteção será de referir que eles se devem dispor de modo a proteger os isoladores do arco obrigando-o a manter-se afastado daqueles. No caso da presente linha as cadeias de suspensão duplas são colocadas com os dispositivos de guarda dispostos no plano perpendicular ao condutor, com estes para o exterior da linha, excetuando o condutor central em apoios de linha simples, que tem dispositivos para ambos os lados no plano paralelo ao dos condutores.

Os planos das cadeias estão incluídos no Anexo A.07.

⁽⁵⁾ O critério determinante deste dimensionamento é o de considerar que a distância entre peças em tensão e a estrutura, quando a cadeia de isoladores equipada é desviada pelo vento, deve garantir uma tensão suportável (50 Hz) 10% acima da tensão suportável da cadeia de isoladores equipada e sob chuva, enquanto que, na situação de repouso o critério aponta para a garantia de uma tensão suportável ao choque atmosférico 10 % acima da cadeia de isoladores devidamente equipada.

2.6.3. FIXAÇÃO À ESTRUTURA

Os conjuntos de cadeia, quer dos condutores quer dos cabos de guarda, são fixos à estrutura através de um sistema de caixa e charneira, o qual oferece uma resistência de contacto favorável em comparação com os sistemas de fixação com acessórios de perfil redondo. A adoção deste sistema resultou da experiência de exploração e de ensaios específicos para o efeito.

No caso dos cabos do tipo OPGW, as fixações (amarração e suspensão) terão um sistema de *shunt* a assegurar a ligação à estrutura de forma franca, de modo a evitar quaisquer sobreaquecimentos na zona de derivação em resultado de correntes de defeito.

Os planos de fixação dos cabos de guarda estão incluídos no Anexo A.07.

2.7. COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

No sentido de estabelecer a coordenação de isolamento, as várias distâncias mínimas a considerar são organizadas de acordo com uma hierarquia. Por ordem crescente teremos:

1. As hastes de descarga (explosores) das cadeias de amarração da linha aos pórticos da subestação serão substituídas por descarregadores de sobretensões (não incluídos neste projeto) instalados na cabeça dos painéis de linha da subestação, que irão proteger os mesmos contra sobretensões vindas do exterior;
2. Distância entre hastes de guarda nas cadeias de isoladores. Aqui a linha terá um nível de isolamento semelhante ao dos equipamentos que constituem os painéis de linha, ou seja:
 - Tensão suportável ao choque atmosférico 1425 kV
 - Tensão suportável ao choque de manobra 1050 kV
3. Distância no ar entre peças em tensão (condutores e/ou acessórios) e a estrutura, na situação de repouso (sem vento) e com uma inclinação introduzida pelo vento, que se manifesta através do movimento das cadeias de isoladores. Estas distâncias garantem tensões suportáveis superiores às mencionadas atrás em 2, com o objetivo de evitar contornamentos para as estruturas. Os valores calculados para a distância mínima entre peças em tensão e a massa na situação de repouso são, de [3111 a 3186] mm e na de desviado pelo vento [2600] mm, respetivamente para as distâncias entre hastes de [2828 a 2896] mm.

2.8. CIRCUITO DE TERRA DOS APOIOS

2.8.1. NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Neste âmbito tomou-se em consideração:

* **Zonas públicas e frequentadas**⁽⁶⁾, as recomendações estipuladas na publicação ANSI/IEEE std 80 -1986 e EN 50341-3-17.

Os limites especificados para a tensão de contacto e de passo, admitindo uma resistividade do solo de 100 $\Omega \cdot m$ e um tempo de eliminação de defeito 0.5 s, são respetivamente:

Tabela 2.7 – Limites especificados para a tensão de contacto e de passo

	Zona Pública	Zona Frequentada
U_c [V]	189	255
U_p [V]	262	355

* **Zonas pouco frequentadas**, o prescrito nas especificações VDE 0141/7.76;

* **Zonas não frequentadas**, as recomendações estipuladas na norma Suíça, ref.^a ASE 3569 - 1.1985.

Nestas duas últimas zonas, e considerando tempos de eliminação de defeito < 0.5 s, as recomendações enunciadas não especificam qualquer valor limite para a tensão de contacto e de passo.

Na escolha do corredor da linha procurou-se que este atravessasse zonas não frequentadas, afastando-o o mais possível dos aglomerados populacionais, sendo que todos os apoios estão implantados em zonas pouco frequentadas ou não frequentadas.

Recorre-se aqui às equações de *Dalziel* para a corrente tolerável pelo corpo humano, e faz-se intervir a resistência elétrica média de um indivíduo (1000 Ω) e a resistência média pé/solo, proporcional à resistividade do solo. Os valores limites referidos aparecem, portanto, parametrizados pela resistividade do solo e o tempo de eliminação de defeito. Conforme características dos equipamentos de proteção e estatística da exploração da RNT está garantido com um nível alto de probabilidade o tempo de

⁽⁶⁾ A fim de se tornar mais claras estas definições, diga-se que se entende por **zonas públicas** aquelas onde se verifique uma densidade populacional grande ainda que só em determinadas ocasiões (parques urbanos), áreas destinadas a convívio cultural, recreativo ou desportivo, recintos destinados a feiras, mercados, atos públicos e religiosos, lugares de romaria, zonas de equipamento social coletivo como hipermercados, hospitais e lugares de ensino, etc. Por sua vez uma **zona frequentada** será aquela que não sendo da categoria anterior se pode caracterizar pela presença humana amiúde como caminhos de serviço, áreas junto a fontes ou poços de utilização habitual, zonas agrícolas de atividade frequente do tipo hortas, instalações agropecuárias e de apoio agrícola, etc. Uma zona será entendida como **pouco frequentada** se corresponder a uma zona submetida a exploração agrícola em que a intervenção humana é reduzida, a uma exploração ganadeira, etc. Finalmente é entendida como **zona não frequentada** se a presença humana é esporádica, sendo normalmente associada à inaptidão agrícola como por exemplo zona florestal, zona de acentuado declive, etc.

eliminação de defeito, já o valor da resistividade é bastante variável quer em valor médio de local para local quer localmente nas diferentes direções em torno do poste e ainda ao longo do tempo em função do grau de humidade do solo. Por outro lado, note-se que estes valores limites crescem com o valor da resistividade do solo (com incidência na resistência pé/solo), o que justifica por vezes a utilização de gravilha ou asfalto (materiais de alta resistividade) numa camada superficial sobre o solo como medida para subir aqueles limites. Em qualquer caso o tratamento de zonas públicas deve ser sempre feito caso a caso e com uma metodologia que passa por medições e análise *in situ* que confirmem as estimativas obtidas pelo modelo de cálculo.

2.8.2. CONSTITUIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DOS CIRCUITOS DE TERRA

Indicam-se seguidamente as soluções construtivas para as zonas pouco frequentadas e/ou não frequentadas dos circuitos de terra.

A configuração tipo de elétrodos de terra que se preconiza utilizar nestas zonas, é em todos os apoios de quatro estacas e respetivos cabos de cobre de ligação à estrutura, e anel a unir as 4 estacas.

Os elétrodos de terra são estacas de *Copperweld* de 16 mm de diâmetro e 2.1 m de comprimento, enterradas na vertical uma em cada um dos cantos exteriores do conjunto de caboucos devendo os seus topos estar a uma profundidade mínima de 0.8 metros. Complementarmente, será instalado, em todos os apoios, um anel de terra (constituído por um cabo de cobre de $\varnothing = 9$ mm) enterrado horizontalmente a cerca de 0.80 m de profundidade, ligando os quatro elétrodos num anel que rodeará o poste.

Os cabos que interligam os elétrodos de terra às cantoneiras das bases, são de cobre nu de 50 mm². O cabo é ligado à cantoneira e às estacas por intermédio de ligadores apropriados, procurando-se sempre um permanente bom contacto e de baixa resistência. Os ligadores a utilizar nestes casos são adequados aos tipos de materiais em contacto e proporcionam boa continuidade elétrica.

Na tabela abaixo, apresentam-se a título apenas indicativo as características deste tipo de circuito de terra, no que se refere à tensão de contacto e de passo, e ainda ao potencial máximo no solo em % do potencial do circuito de terra, segundo a direção da diagonal do apoio ou do maciço de fundação:

Tabela 2.8 – Características do tipo de circuito de terra apresentado

Tipo de Circuito de Terra	Resistência de Terra para $\rho = 300 \Omega \cdot m$ [Ω]	Potencial máx. no solo em % do potencial do circuito de Terra	Tensão de Contacto em % do potencial do circuito de Terra [d = 1.0 m]	Tensão de Passo em % do potencial do circuito de Terra
4 estacas Ø = 16mm l = 2.1 m anel	18.47	72.46	41.72	14.48

O tipo de configuração que se preconiza para o circuito de terra dos apoios nestas zonas pode ser visto no Anexo A.03. Convirá salientar que nestas condições, está garantido o valor de resistência de terra menor que 15 Ω, recomendado para o 1º km junto das subestações, procurando-se deste modo diminuir a probabilidade de contornamentos por arco de retorno.

3. CÁLCULOS

3.1. CÁLCULOS ELÉTRICOS

3.1.1. RESISTÊNCIA ELÉTRICA LINEAR DOS CONDUTORES

Os condutores são do tipo alumínio-aço, com dois condutores por fase do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE), que são constituídos por um núcleo central, de duas camadas, em fios de aço e por três camadas de fios em alumínio. As características destes cabos estão incluídas no Anexo A.05.

A resistência elétrica quilométrica do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) em corrente contínua à temperatura de 20°C é de 0.0511 Ω/km. A resistência elétrica em corrente alternada (f = 50 Hz) tendo em conta o efeito pelicular é de 0.0522 Ω/km. A variação da resistência elétrica com a temperatura é dada por:

$$R(\theta) = R(20) \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Onde o coeficiente de temperatura α tem o valor 0.00403°K⁻¹.

Obtendo-se para a temperatura máxima de funcionamento de 85°C o valor de 0.06587 Ω/km.

3.1.2. CAPACIDADE TÉRMICA

3.1.2.1. CAPACIDADE MÁXIMA DE TRANSPORTE

Este regime é definido para uma temperatura máxima do condutor, definida para o compromisso económico máximo na relação (transporte anual de energia) / (perdas energéticas). Esta temperatura está definida para a RNT como 85°C. O modelo de cálculo tem em conta a dissipação térmica da energia elétrica nos condutores (efeito Joule) em resultado da passagem de corrente e a interação dos

condutores com o meio envolvente em termos de energia radiante. O modelo utilizado é conhecido por modelo de *Kuipers-Brown* que se pode escrever:

$$C \cdot S \cdot dT = P_J \cdot dt + P_s \cdot dt - P_c \cdot dt - P_i \cdot dt$$

Ou:

$$C \cdot S \cdot \frac{dT}{dt} = I^2 \cdot R_T + \alpha \cdot R \cdot d - 8.55 \cdot (T - T_A) \cdot (v \cdot d)^{0.448} - E \cdot \sigma \cdot \pi \cdot d \cdot (T - T_A)$$

Onde $C \cdot S \cdot dT$ é a energia térmica armazenada no condutor durante o tempo dt , $P_J \cdot dt$ é a energia Joule, $P_s \cdot dt$ a energia absorvida a partir da radiação solar, $P_c \cdot dt$ a energia perdida por convecção (para velocidades do vento superiores a 0.2 m/s, ou seja, convecção forçada) e $P_i \cdot dt$ a energia perdida por irradiação. Por sua vez os restantes parâmetros têm o significado seguinte:

C – capacidade calorífica [W.s/m³];

S – secção transversal [m²];

T – temperatura absoluta do condutor [°K];

t – tempo [s];

R_T – resistência elétrica à temperatura absoluta T [Ω];

α – coeficiente de absorção solar (0.5);

R – radiação solar [1000 W/m²];

d – diâmetro do condutor [m];

T_A – temperatura ambiente absoluta [°K];

v – velocidade do vento (0.6 m/s para o regime de calma);

E – poder emissivo em relação ao corpo negro (0.6);

σ – constante de *Steffan* [5.7e-8 W/m².K⁴].

No modelo acima, o regime permanente traduz-se por ser:

$$\frac{dT}{dt} = 0$$

A corrente admissível é fundamentalmente função do aquecimento dos condutores (diferença da temperatura do condutor e da temperatura ambiente) traduzindo-se a ação daquele aquecimento em:

- ≡ Perdas por efeito Joule;
- ≡ Flechas máximas, com incidência das distâncias mínimas ao solo e outros obstáculos;
- ≡ Comportamento dos acessórios (pontos quentes);
- ≡ Envelhecimento dos condutores.

As correntes admissíveis são assim fixadas considerando 2 períodos convencionais:

- ≡ Período de Verão (15 de abril a 15 de outubro): Temperatura ambiente 32°C
- ≡ Período de Inverno (16 de outubro a 14 de abril): Temperatura ambiente 15°C

No Anexo A.08 apresenta-se a evolução da temperatura dos condutores para diversos valores eficazes de corrente e diferentes temperaturas ambientes (ie, temperatura do ar à altura dos condutores). Os valores adotados para os parâmetros acima referidos são globalmente aqueles que melhor se adaptam às características do território nacional. Pode ali observar-se, por exemplo, que para a velocidade do vento de 0.6 m/s e temperatura ambiente de 32°C (“verão”) a corrente máxima admissível, para o cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) é da ordem de 1152 A, por sua vez, para uma temperatura ambiente de 15°C (“inverno”) a corrente máxima admissível é da ordem de 1339 A, tendo em conta que a linha é constituída por 2 condutores por fase a capacidade máxima de transporte para o verão será de 1597 MVA e de 1856 MVA para o inverno, valores superiores à carga prevista para a linha em projeto.

3.1.2.2. REGIME DE CURTO-CIRCUITO

No que diz respeito ao comportamento dos cabos em regimes de defeito, foram considerados os pressupostos:

- Corrente de curto-circuito de 50 kA;
- Tempo de eliminação de defeitos de 0.35 s;
- No caso do cabo ACSR 595 (ZAMBEZE) admite-se que a corrente de curto-circuito se distribui uniformemente pelo cabo e 5 % é conduzida para a subestação mais afastada, traduzindo-se numa corrente de 23.75 kA;
- No caso do cabo ACSR 153 (DORKING) e cabo OPGW (AS/AA 39/94 AST 2x20 FO), admite-se que a corrente de curto-circuito se distribui uniformemente pelos dois cabos de guarda e que 25 % da mesma é conduzida pelo poste para a terra, ou seja, que cada cabo terá de suportar 18.75 kA;

- O limite térmico recomendado na EQPJ/ET/PLN01 (125°C, para os cabos condutores) e pela IEC60865-1 (aproximadamente 200°C, para os cabos de guarda).

Tabela 3.1 – Correntes de defeito trifásico previstas

Subestação	Projeto 400 kV
Grande Lago	50 kA
Alqueva (REN)	50 kA

Na tabela seguinte apresentam-se os valores obtidos, podendo verificar-se a conformidade com os limites térmicos acima referidos.

Tabela 3.2 – Comportamento dos cabos em regimes de defeito

Tipo de Condutor	ICC [kA]	tcc [s]	Temp. Inicial [°C]	Temp. Final [°C]	ΔT [°C]	Limite [°C]	Validação
ACSR 595 (ZAMBEZE)	23.75	0.35	75	83	8	125	OK
ACSR 153 (DORKING)	18.75	0.35	30	129	99	200	OK
OPGW (AS/AA 39/94 AST 2X20F)	18.75	0.35	30	167	137	200	OK

Face ao atrás exposto e de acordo com os pressupostos indicados, consideram-se adequados para 50 kA tanto o condutor ACSR 595 (ZAMBEZE) como o cabo de guarda do tipo OPGW e ACSR 153 (DORKING).

3.1.3. EFEITO COROA. CAMPO ELÉTRICO CRÍTICO. PERDAS POR EFEITO COROA

O cálculo do campo elétrico crítico e perdas por efeito coroa foi feito com base nas características geométricas dos apoios da família DL.

No Anexo A.09 apresentam-se os valores dos campos máximos à superfície dos condutores com relevância para este capítulo. Os campos máximos à superfície dos condutores foram calculados através de:

$$[E] = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon} \cdot [D] \cdot [A]^{-1} \cdot [U]$$

Onde $[E]$ é o vetor dos fasores de campo elétrico (no modelo de cálculo o problema é de dimensão 8, para ter em conta os seis condutores e os dois cabos de guarda), $\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$ (com $\epsilon_r = 1$ e $\epsilon_0 = 8.859 \times 10^{-12}$ A.s/V.m), $[D]$ é um vetor dos inversos dos raios dos cabos:

$$[D] = \left[\frac{1}{r_i} \right] \quad i = 1 \dots 8$$

$[A]^{-1}$ é a inversa da matriz dos coeficientes de potencial (A.s/V.m) e $[U]$ é o vetor dos fasores de tensão fase-terra (V). O modelo acima inclui os cabos de guarda, os quais estão considerados ao potencial do solo.

O campo elétrico máximo à superfície dos condutores variará entre:

Tabela 3.3 – Campo elétrico máximo à superfície dos condutores

Tensão Nominal [kV/cm]	Tensão Máxima [kV/cm]
16.02	16.83

O campo elétrico crítico é definido como o limiar do valor de campo elétrico a partir do qual o efeito coroa surge. O valor deste limiar depende da geometria dos condutores e de parâmetros atmosféricos que afetam as condições de ionização do ar. Estimou-se aqui o valor daquele campo elétrico crítico pela expressão de PEEK:

$$\varepsilon_0 = 18.1 \cdot m \cdot \delta \cdot \left[1 + \left(\frac{0.54187}{\sqrt{r \cdot \delta}} \right) \right] \quad [kV/cm]$$

Onde r é o raio dos cabos, condutores e cabos de guarda, ($i = 1 \dots 8$), m é um fator para ter em conta a rugosidade da superfície dos cabos (que origina zonas de maior densidade de linhas de força, tomou-se o valor 0.6), δ é a pressão atmosférica relativa definida por:

$$\delta = 0.386 \cdot \frac{760 - 0.086 \cdot h}{273 + \theta}$$

Onde h é a altitude média da linha e θ a temperatura média anual (15°C).

A altitude influencia com algum significado o valor do campo elétrico crítico, baixando-o. Na prática isto significa um aumento de perdas por efeito coroa.

As perdas por efeito coroa com bom tempo foram calculadas pela expressão de *Peterson*:

$$P = 20.945 \times 10^{-6} \cdot \frac{f \cdot U^2 \cdot \phi}{\left(\log \left(\frac{D_m}{r} \right) \right)} \quad [kW/km]$$

Onde U é a tensão eficaz entre fase e neutro em kV, r o raio do condutor em cm, D_m a distância média geométrica entre condutores, f a frequência do sistema (50 Hz) e ϕ um fator experimental dependente da relação E/E_0 , sendo E o campo elétrico à superfície do condutor e E_0 o campo elétrico crítico, ambos em kV/cm.

As perdas por efeito coroa dependem particularmente das condições climáticas. Sob chuva elas

podem crescer várias dezenas de vezes acima do valor calculado para bom tempo. Para determinar o valor médio anual das perdas é usual utilizar um fator multiplicativo entre 3 e 9 (usou-se 5). Assim as perdas médias anuais estimam-se:

Tabela 3.4 – Perdas anuais

Perdas Mínimas [kW/km]	Perdas Máximas [kW/km]
2.34	11.72

3.1.4. CONSTANTES ELÉTRICAS DA LINHA

3.1.4.1. GRANDEZAS DIRETAS

Tabela 3.5 – Grandezas diretas

Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]
0.0271	0.3113	3.6920×10^{-6}

3.1.4.2. GRANDEZAS HOMOPOLARES

Tabela 3.6 – Grandezas homopolares

Resistência linear [Ω/km]	Reactância longitudinal [Ω/km]	Susceptância longitudinal [S/km]
0.1893	0.7996	2.0743×10^{-6}

4. DIRETRIZ DA LINHA

Nos desenhos da planta geral do traçado, indica-se o traçado da linha à escala 1:25000.

4.1. LOCALIZAÇÃO

O traçado da Linha 400 kV SE 30/60/400 Grande Lago – SE Alqueva (REN), com comprimento de 1.41 km, desenvolve-se no seguinte distrito e atravessa o seguinte concelho e freguesia:

Tabela 4.1 – Localização da linha, segundo a Carta Administrativa Oficial de Portugal

Distrito	Concelho	Freguesia
Beja	Vidigueira	Pedrogão

Os distritos, concelhos e freguesias atravessados estão indicados na planta parcelar. O parcelamento dos terrenos na faixa de 60 metros centrada no eixo da linha assim como os tipos de exploração serão

em período de Projeto de Licenciamento também representados na planta parcelar, que conterá ainda, a numeração das parcelas em correspondência com a Relação de Proprietários resultante do levantamento cadastral a efetuar.

No anexo A.01 estão incluídas as coordenadas dos centros de todos os apoios ao nível do solo.

5. TRAVESSIAS DE VIAS DE COMUNICAÇÃO

Nas travessias de vias de comunicação (Autoestradas, IP, Estradas Municipais, Estradas Nacionais, Rios e Cursos de Água e Linhas de Caminho de Ferro) serão respeitadas as distâncias mínimas apresentadas em 2.3.2.

Para melhorar a fiabilidade mecânica da linha, serão utilizadas cadeias duplas de suspensão nas travessias de estradas, caminhos-de-ferro, rios navegáveis e de outras linhas de alta tensão.

Tratando-se de apoios com cadeias de amarração e como estas são sempre duplas (nas linhas da RNT) a melhoria da fiabilidade está também garantida.

5.1. TRAVESSIAS DE ESTRADAS

No traçado da linha não ocorrem interseções com estradas.

5.2. TRAVESSIAS DE SERVIDÕES DE VIAS-FÉRREAS

No traçado da linha não ocorrem interseções com linhas de caminho-de-ferro.

5.3. TRAVESSIAS DE CURSOS DE ÁGUA

No traçado da linha não ocorrem interseções com cursos de água.

5.4. SERVIDÕES AERONÁUTICAS CIVIS E MILITARES

No traçado da linha não ocorrem interseções com servidões aeronáuticas civis e militares.

5.5. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM LINHAS DE TELECOMUNICAÇÕES

A priori em nenhum ponto do traçado da linha de ligação ocorrem situações de paralelismo com linhas de telecomunicações.

A rede de 400 kV terá o neutro ligado à terra e possuirá em toda a sua extensão dois cabos de guarda também ligados à terra.

As f.e.m induzidas nas linhas de telecomunicação nas secções de cruzamento serão estimadas através de

$$e = I \cdot M \cdot L \cdot k \times 10^{-3} [V]$$

onde I , em A, é o valor eficaz da corrente de defeito indutora (corrente de curto circuito monofásico à terra) no vão de cruzamento, M o valor médio do módulo da impedância mútua linear das duas linhas para a secção considerada em mΩ/km, L é o comprimento (valor algébrico) da projeção da secção sobre a linha de energia em km e k é um coeficiente redutor que tem em conta o retorno duma parte da corrente de defeito pelos cabos de guarda e o efeito de écran dos condutores ligados à terra e paralelos à linha de energia e aos circuitos de telecomunicação.

5.6. CRUZAMENTOS COM OUTRAS LINHAS ELÉTRICAS AÉREAS

Tabela 5.1 – Cruzamento com outras linhas elétricas

Cruzamentos com outras linhas aéreas	Nível de tensão [kV]	Vão de cruzamento
LN60 6207 ALQUEVA(REN)-PS INSUA (a reformular)	60	P5 – Pórtico

5.7. CRUZAMENTOS E PARALELISMOS COM GASODUTOS

No traçado da linha não se verificam cruzamentos ou ocorrência de interferências com redes primárias e secundárias de abastecimento de gás.

6. BALIZAGEM AÉREA

6.1. SINALIZAÇÃO PARA AERONAVES

De acordo com a Circular de Informação Aeronáutica 10/03 de 6 de maio, do Instituto de Nacional de Aviação Civil (INAC) considera-se necessário efetuar a balizagem dos seguintes obstáculos:

- ≡ Das linhas aéreas quando penetrem numa área de servidão geral aeronáutica e/ou que, ultrapassem as superfícies de desobstrução (que são para este nível de tensão de 25 m);

- ≡ Dos vãos entre apoios que distem mais de 500 m;
- ≡ Dos vãos que cruzem linhas de água, lagos, albufeiras, etc, com uma largura média superior a 80 m ou que excedam, em projeção horizontal, mais de 60 m relativamente às cotas de projeção sobre o terreno, no caso de vales ou referida ao nível médio das águas;
- ≡ Dos elementos de uma linha aérea que se situem nas proximidades de pontos de captação de água localizados em zonas de risco de incêndios florestais;
- ≡ Das linhas aéreas que cruzem Autoestradas, Itinerários Principais ou Complementares.

6.1.1. BALIZAGEM DIURNA

A sinalização diurna consiste na colocação de esferas de cor alternadamente vermelha ou laranja internacional e branca possuindo o diâmetro mínimo de 600 mm, que serão instaladas nos cabos de guarda do tipo OPGW com a utilização de pré-formados de proteção, de modo que a projeção segundo o eixo da linha da distância entre esferas consecutivas seja sempre igual ou inferior a 30 metros.

A balizagem diurna dos apoios consiste na pintura às faixas, de cor alternadamente vermelha ou laranja internacional e branca. As faixas a pintar correspondem a troços modulares das estruturas de forma a realçar a sua forma e dimensões. As faixas extremas são pintadas na cor vermelha ou laranja internacional.

6.1.1.1. VÃOS A SINALIZAR

No traçado da linha em projeto, não foi identificada a necessidade de balizar vãos.

6.1.1.2. APOIOS A SINALIZAR

No traçado da linha em projeto, não foram identificadas situações onde exista necessidade de uso de balizagem diurna de apoios.

6.1.2. BALIZAGEM NOTURNA

A balizagem noturna consiste na colocação de balisores nos condutores superiores, próximo das fixações dos cabos às cadeias, de cada lado dos apoios, ou na sinalização no topo dos apoios com díodos eletroluminescentes (“LED”) alimentados por painéis solares e baterias acumuladoras de energia ou outro equipamento equivalente desde que aprovado pelo INAC. Estes dispositivos terão de emitir luz vermelha com uma intensidade mínima de 10 Cd.

No traçado da linha em projeto, não foram identificadas situações onde exista necessidade de uso de balizagem noturna de apoios.

6.2. SINALIZAÇÃO PARA AVES

Os dispositivos de sinalização para a avifauna são do tipo BFD (Bird Flight Diverter), dispositivos de forma helicoidal de fixação dupla com 35 cm de diâmetro e 1 m de comprimento, de cor laranja/vermelho e branco, que se ajustam ao cabo de guarda por enrolamento no mesmo. Numa das extremidades, estes dispositivos têm um anel de maior diâmetro, que sobressai no perfil do cabo. Este anel, combinado com a cor do dispositivo, aumenta significativamente a visibilidade dos cabos pelas aves, sem lhe conferir um aspeto volumoso, e não introduzindo nenhum aumento significativo em relação à área exposta ao vento.

Uma vez que as linhas representam elementos de risco de colisão para as aves revela-se muito importante a aplicação de medidas de minimização que reduzam o impacte referido.

Assim, foi, desde logo, foi equacionado um traçado que teve em consideração as zonas mais sensíveis para as aves. Serão ainda implementadas medidas de minimização com vista à redução da potencial mortalidade de avifauna por colisão com os elementos condutores da linha, através da instalação de mecanismos salva-pássaros.

No âmbito de atuação da Comissão Técnica de Gestão e Acompanhamento dos Protocolos Avifauna (CTALEA), a E-REDES acordou com o ICNF a elaboração de um documento regulamentar interno, contendo disposições relativas à proteção da avifauna a respeitar no projeto e construção de novas linhas aéreas de AT e MT, harmonizando com o normativo do ICNF: “Manual de apoio à análise de projetos relativos à instalação de linhas aéreas de distribuição e transporte de energia elétrica – componente avifauna”, de Junho de 2010. Com esse objetivo foi elaborado o documento interno designado por DRE-C11-300 – “Projeto e construção de infraestruturas elétricas em áreas importantes sob o ponto de vista da conservação da natureza e biodiversidade”, aprovado em sede de CTALEA. A 2ª edição da DRE-C11-300 (em vigor) incorpora as diretrizes dadas pelo ICNF no “Manual de apoio à análise de projetos relativos à instalação de linhas aéreas de distribuição e de transporte de energia elétrica – componente avifauna” emitido em janeiro de 2019, o qual foi tido em conta na elaboração deste projeto.

A linha será sinalizada entre o P2 e o P5, correspondendo à instalação de sinalizadores do tipo BFD, colocados no cabo de guarda, para que resulte um perfil de um BFD em cada 5 m (nunca numa distância

inferior).

6.3. CONTACTOS ACIDENTAIS COM PEÇAS EM TENSÃO

A ocorrência desta situação é improvável e pode resumir-se à utilização de gruas ou outros equipamentos na proximidade das linhas.

A altura mínima ao solo da linha é muito superior ao mínimo regulamentar (como medida de segurança), ver 2.3.2, e torna improvável a hipótese daquela ocorrência, reduzindo-se o risco de acidente.

Refira-se ainda que todos os apoios, tal como está regulamentado, possuirão uma chapa sinalética em local visível, indicando **“PERIGO DE MORTE”**.

6.4. RELAÇÃO DE OBSTÁCULOS A LIGAR À TERRA E DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO DE TERRA

Não estão previstas *a priori* ligações particulares de obstáculos. Quaisquer situações deste tipo que se tornem aparentes em fase de construção ou de exploração serão resolvidas através de uma adequada ligação à terra, conforme preconizada no número anterior.

7. EFEITOS DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

7.1. VALORES LIMITES

A REN toma como referência a portaria n.º 1421, de 23 de Novembro, que retoma os valores limites de exposição do público em geral definidos na recomendação do Conselho da União Europeia (*“Council Recommendation on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields 0 Hz – 300 GHz”*) de 1999/07/05, previamente homologada na 2 188.ª Reunião do Conselho em 1999/06/08 pelos Estados Membros, e que as recomendações do ICNIRP (*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection*) no que se refere aos limites de exposição do público em geral.

Tabela 7.1 – Limites de exposição a campos elétricos e magnéticos a 50 Hz

Características de Exposição	Campo Elétrico [kV/m] (RMS)	Densidade de Fluxo Magnético [μT] (RMS)
Público em geral (em permanência)	5	100

O Conselho Europeu emitiu, em 99/07/05, uma recomendação sobre os limites de exposição do público

em geral aos campos eletromagnéticos, na gama de frequências de 0 Hz - 300 GHz (Doc. Refª 1999-1100-0001 / 8550/99 “Council Recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz - 300 GHz)”, e posteriormente o Governo Português, com a promulgação da Portaria 1421/2004 de 23 de novembro, que transpôs para a Legislação Portuguesa as recomendações do Conselho Europeu, definindo as restrições básicas e os níveis de referência relativos à exposição da população aos campos eletromagnéticos.

Por sua vez o Decreto-Lei nº11/2018 acima referido mantém válidos os limites de exposição do público em geral referidos na portaria e inclui a necessidade de monitorização periódica e a necessidade de garantir um afastamento mínimo entre o eixo do traçado do projeto das linhas e determinadas “infraestruturas sensíveis” definidas na alínea c) do artigo 3º do Decreto-Lei.

De referir que a minimização da exposição a campos elétrico e magnético, associados ao transporte de energia elétrica, consegue-se essencialmente atuando na fonte da emissão – a linha. Assim a minimização pode efetuar-se de duas formas distintas:

- ≡ Atuando na localização da fonte do campo (linha) com a escolha adequada e possível do traçado de forma a maximizar o afastamento a “infraestruturas sensíveis”;
- ≡ Atuando na fonte do campo diretamente com a adoção de medidas de projeto nos materiais e equipamentos embora na maior parte dos casos a sua implementação seja bastante complexa e a redução dos valores dos campos pouco significativos;

Nas linhas da RNT, em qualquer escalão de tensão, e de acordo com os registos conhecidos, não ocorrem valores superiores aos referidos atrás. Esta conclusão está bem fundamentada por análise comparativa com cálculos teóricos e medições efetuadas em linhas similares em todo o mundo. O cálculo concreto dos valores do campo elétrico e magnético apresenta-se no Anexo A.09 e Anexo.10, respetivamente.

7.2. CÁLCULO DO CAMPO ELÉTRICO

7.2.1. MODELO DE CÁLCULO

O cálculo dos campos elétricos efetua-se a partir do conhecimento das cargas elétricas em cada um dos cabos da linha. No presente caso considerou-se que as cargas, assim como os cabos de guarda estão dispostas de acordo com a configuração do apoio DLT, conforme o apresentado no anexo A.02,

considerando uma distância ao solo que corresponde à situação mais desfavorável em toda a extensão da linha (distância mínima entre o condutor inferior e o solo). Esta distância é verificada no vão P2-P3.

Os valores que se obtiveram correspondem, portanto a valores máximos absolutos do campo elétrico, nos planos horizontais em que foram calculados e que correspondem, sensivelmente ao nível do solo e ao nível da cabeça de um homem (1.80 m do solo).

Para o cálculo da distribuição de cargas elétricas sobre os condutores da linha considerou-se um modelo de cálculo bidimensional onde a geometria é definida num plano vertical transversal à linha, o solo é considerado plano, horizontal e de extensão infinita. Neste modelo os condutores são também supostos paralelos entre si e ao solo, e os condutores inferiores situam-se a uma distância do solo correspondente ao mínimo absoluto acima referido. O plano de corte transversal considera-se afastado dos apoios ⁽⁷⁾. Nesta conformidade o vetor de fasores das cargas $[(q_r + j \cdot q_i)j] = 1, \dots, 8$ calculou-se através de:

$$[\tilde{Q}] = [\tilde{P}]^{-1} \cdot [\tilde{V}]$$

Onde $[\tilde{P}]$ é a matriz dos coeficientes de potencial de Maxwell e $[(v_r + j \cdot v_i)j] = 1, \dots, 8$ o vetor de fasores de tensões. A matriz $[\tilde{P}]$ é simétrica e os seus elementos definidos por:

$$P_{ii} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot y_i}{d_i} \right)$$

$$P_{ij} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon} \cdot \ln \left(\frac{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \right)^{1/2}$$

Onde y_i e y_j são as alturas dos condutores i e j acima do solo, d_i é o diâmetro do condutor i e x_i e x_j são as coordenadas horizontais dos condutores i e j .

Uma vez calculadas as cargas elétricas em cada condutor, o campo elétrico num determinado ponto $N(x_n, y_n)$ do espaço é calculado através de:

$$\vec{E}_j = \tilde{E}_{x,j} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \tilde{E}_{y,j} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Onde as componentes horizontal e vertical do campo referentes à carga j são dadas por (método das imagens):

⁽⁷⁾ O campo elétrico é distorcido pela presença dos apoios, sendo estes estruturas metálicas, e, portanto, condutoras ao potencial do solo. Este efeito - efeito écran - é no sentido favorável, ie, de diminuição dos valores daqueles campos pelo que o modelo utilizado é simultaneamente mais simples e pelo lado da segurança.

$$E_{x,j} = \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j - y_N)^2]} - \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (x_N - x_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j + y_N)^2]}$$

$$E_{y,j} = \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (y_N - y_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j - y_N)^2]} - \frac{(q_{rj} + j \cdot q_{ij}) \cdot (y_N + y_j)}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon \cdot [(x_j - x_N)^2 + (y_j + y_N)^2]}$$

As componentes horizontais e verticais referentes a todas as cargas obtêm-se fazendo o somatório das contribuições de todas as cargas:

$$\tilde{E}_x = \sum_{j=1}^k \tilde{E}_{x,j} \quad \tilde{E}_y = \sum_{j=1}^k \tilde{E}_{y,j}$$

O campo elétrico é assim um vetor de fasores à frequência de 50 Hz da forma:

$$\vec{E} = (\tilde{E}_x, \tilde{E}_y) = (E_{x,r} + j \cdot E_{x,i}, E_{y,r} + j \cdot E_{y,i})$$

O qual descreve no plano xy uma trajetória pulsante elíptica. A componente máxima do fasor do campo elétrico num determinado ponto do espaço é dada pelo valor do semieixo maior daquela elipse.

O valor E_α do módulo do campo ao longo de uma direção definida por um ângulo α , medido em relação à horizontal, é dado por:

$$(E_\alpha)^2 = (E_{ry} \cdot \sin(\alpha) + E_{rx} \cdot \cos(\alpha))^2 + (E_{iy} \cdot \sin(\alpha) + E_{ix} \cdot \cos(\alpha))^2$$

Cujo máximo em α deverá satisfazer:

$$\frac{d(E_\alpha)^2}{d\alpha} = 0$$

O que conduz à relação quadrática em $\tan(\alpha)$:

$$\tan^2(\alpha) \cdot (E_{ry} \cdot E_{rx} + E_{iy} \cdot E_{ix}) + \tan(\alpha) \cdot (-E_{iy}^2 + E_{ix}^2 - E_{ry}^2 + E_{rx}^2) - (E_{ry} \cdot E_{rx} + E_{iy} \cdot E_{ix}) = 0$$

Válida para $\alpha \neq \pi/2$, valor onde simplesmente $E_{\pi/2} = E_y$. As duas soluções para $\tan(\alpha)$ correspondem aos dois semieixos da elipse do campo, calculando-se assim o valor máximo do módulo do campo através da expressão acima para E_α .

7.2.2. VALORES CALCULADOS

No Anexo A.09 apresentam-se os perfis transversais do campo elétrico máximo ao nível do solo e a 1.8 m do solo para uma faixa entre -40 e +40 m em torno do eixo da linha, para a configuração de apoios a utilizar, com dois condutores por fase, cabos de guarda ao potencial do solo e valor eficaz do módulo da tensão na linha no seu valor nominal e para uma distância ao solo que corresponde à situação mais desfavorável em toda a extensão da linha (distância mínima entre o condutor inferior e o solo).

Tabela 7.2 – Valores calculados do campo elétrico

Altura mínima dos cabos ao solo [m]	Campo Elétrico Máximo (Nível do solo) [kV/m]	Campo Elétrico Máximo (a 1.8m do solo) [kV/m]
17.02	2.79	2.84

Estes valores, como se verifica, estão dentro dos limites apresentados em 7.1.

7.3. CÁLCULO DO CAMPO MAGNÉTICO

7.3.1. MODELO DE CÁLCULO

O campo magnético foi calculado usando um modelo bidimensional geometricamente idêntico ao descrito para o campo elétrico. O valor do campo magnético num ponto de coordenadas (x_i, y_i) em resultado da corrente I_i que percorre um condutor centrado no ponto de coordenadas (x_i, y_i) pode ser dado por:

$$\vec{H}_{j,i} = \frac{\vec{I}_i \cdot \vec{r}_{j,i}}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}^2} = \frac{I_i}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}} \cdot \vec{\phi}_{i,j}$$

Onde $\vec{\phi}_{i,j}$ é o vetor unitário na direção do produto externo do vetor corrente com o vetor $\vec{r}_{i,j}$. Teremos portanto:

$$\vec{\phi}_{i,j} = -\frac{y_i - y_j}{r_{i,j}} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{x_i - x_j}{r_{i,j}} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

e

$$r_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

O campo magnético total é dado pela soma das contribuições devidas às correntes em todos os condutores:⁽⁸⁾

$$\vec{H}_j = \sum_{i=1}^m \frac{I_i}{2 \cdot \pi \cdot r_{i,j}} \cdot \vec{\phi}_{i,j}$$

A densidade de fluxo magnético é então:

$$\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}$$

⁽⁸⁾ Aqui desprezam-se as correntes de retorno pela terra e correntes nos cabos de guarda. As correntes de defeito que se escoam pelos cabos de guarda produzem picos de campo magnético de muito curta duração, cuja energia, relevante na perspetiva de fem induzidas em linhas de telecomunicações, não são relevantes na perspetiva dos efeitos sobre pessoas. No caso de linhas simples o número de condutores são 3.

Onde $\mu = 4 \cdot \pi \times 10^{-7}$, tanto no solo como no ar.

7.3.2. VALORES CALCULADOS

No Anexo A.10 apresentam-se de uma forma sistemática os valores do módulo do vetor densidade de fluxo magnético a 1.8 m do solo em perfis transversais numa faixa de -40 a +40 m em torno do eixo da linha e para a altura mínima adotada pela REN, SA. Neste cálculo admitiu-se um regime estabilizado e equilibrado de funcionamento para as correntes. Para efeitos da avaliação dos valores máximos de densidade de fluxo magnético correspondentes a exposições com carácter permanente esta condição é perfeitamente legítima. A evolução das correntes da nova linha a projetar pode ser vista no Anexo A.08. Para a linha em projeto, com a configuração imposta pelos apoios utilizados, com regime de correntes suposto trifásico e equilibrado o valor máximo da densidade de fluxo magnético a 1.8 m do solo é de:

Tabela 7.3 – Valores calculados do campo magnético

Altura mínima dos cabos ao solo [m]	Densidade de Fluxo Magnético máximo (a 1.8m do solo) [μ T]
17.02	13.65 (no eixo) ⁽⁹⁾

Os valores da indução magnética decaem rapidamente e para o caso mais desfavorável a 30 m do eixo da linha não excedem 7.58 μ T. Todos os valores calculados são muito inferiores aos valores limites apresentados em 7.1 mesmo numa perspetiva de exposição pública permanente.

7.4. MEDIDAS IMPLEMENTADAS NO PROJETO PARA MINIMIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO

Como resultado de uma análise ambiental preliminar de corredores, foi escolhido um corredor que se considera como o que melhor minimiza os impactes nos diversos fatores ambientais. Foi explicitamente dada particular atenção à existência de áreas urbanas e procurou-se que o corredor se mantivesse afastado daquelas.

Para o corredor escolhido realizou-se o respetivo levantamento aerofotogramétrico e produziu-se cartografia atualizada à escala 1:2000, que permitiu desenvolver o traçado da linha no seu interior de modo a garantir um maior afastamento de eventuais “infraestruturas sensíveis” isoladas que possam existir no interior do corredor.

⁽⁹⁾ Para o cálculo desta configuração, utilizou-se o perfil de carga da linha, ou seja, 1339 A por cabo, que resulta em 2678 A por fase.

O desenvolvimento do traçado foi realizado de modo a garantir sempre distâncias mínimas ao solo no plano vertical de 14 m (para linhas de 400 kV), e também aos restantes obstáculos que são bastante mais conservadoras do que as distâncias mínimas definidas regulamentarmente. Por outro lado, no plano horizontal procurou-se garantir que não existisse nenhuma “infraestrutura sensível” (como definida no Decreto-Lei nº 11/2018) no interior da zona de proteção da linha.

Ao longo do traçado da linha foram ainda identificadas zonas especiais, caracterizadas designadamente por serem zonas de povoamento disperso, com potencial para virem a ser humanizadas (zonas de lazer, com fáceis vias de acesso), de atividade agrícola intensa, para serem objeto de medidas específicas.

O cálculo dos Campos Eletromagnéticos é sempre efetuado para as situações mais desfavoráveis designadamente para a corrente máxima e tensão máxima e altura mínima ao solo que ocorra na linha ainda que a probabilidade de estas situações poderem acontecer ao longo do ano serem muito reduzidas. Se existirem zonas especiais serão igualmente efetuados cálculos para essas zonas.

Quando se trata de linhas simples, como é o caso da Linha 400 kV, SE 30/60/400 kV Grande Lago – SE Alqueva (REN), caso viesse a cruzar zonas especiais, seriam utilizadas adicionalmente as seguintes medidas mitigadoras:

- Alçamento do troço da linha (os apoios terão uma altura acima da necessária para dar cumprimento ao critério REN);
- Utilização apoios compactos (distâncias entre fases mais reduzidas) o que implicaria vãos mais curtos;
- Colocação de apoios de linhas duplas, mas em que apenas serão utilizados 3 braços (configuração em triângulo).

No entanto, decorrente da análise do traçado, para este tema em concreto, verifica-se não ser necessário a adoção na Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago – SE Alqueva (REN), de nenhuma das medidas adicionais atrás referidas.

8. ELEMENTOS DO PROJETO

Para o presente projeto produziram-se e juntaram-se as seguintes peças:

- ≡ Peças Escritas:
 - Memória Descritiva
 - Anexos à Memória Descritiva

- A.01 Elementos Gerais da Linha
- A.02 Esquema Axial dos Apoios
- A.03 Esquema das Fundações
- A.04 Circuitos de Terra dos Apoios
- A.05 Características dos Cabos
- A.06 Características dos Isoladores
- A.07 Planos de Cadeias de Isoladores e Fixação dos CG
- A.08 Capacidade Térmica dos Cabos (Em Regime Permanente)
- A.09 Campo Elétrico
- A.10 Indução Magnética

≡ Peças Desenhadas:

Planta Geral do Traçado da Linha, à escala 1:25000	P22.018.06.04-PP-001
Planta Geral do Traçado da Linha com Condicionantes Ambientais	P22.018.06.03-PP-003
Planta Geral do Traçado da Linha inserido sobre Ortofotomapas	P22.018.06.04-PP-004
Planta Geral do Traçado da Linha com Condicionantes Técnicas	P22.018.06.04-PP-005

Porto, 08 de março de 2024,

O AUTOR DO PROJETO

José Martins

VERIFICADO POR

Alice Silva

O TÉCNICO RESPONSÁVEL

Marcelo Pereira

Ordem Eng^{os} nº 065810



ANEXOS

LN 400 kV SE 30/60/400 Grande Lago – SE Alqueva (REN)

ANEXO A.01

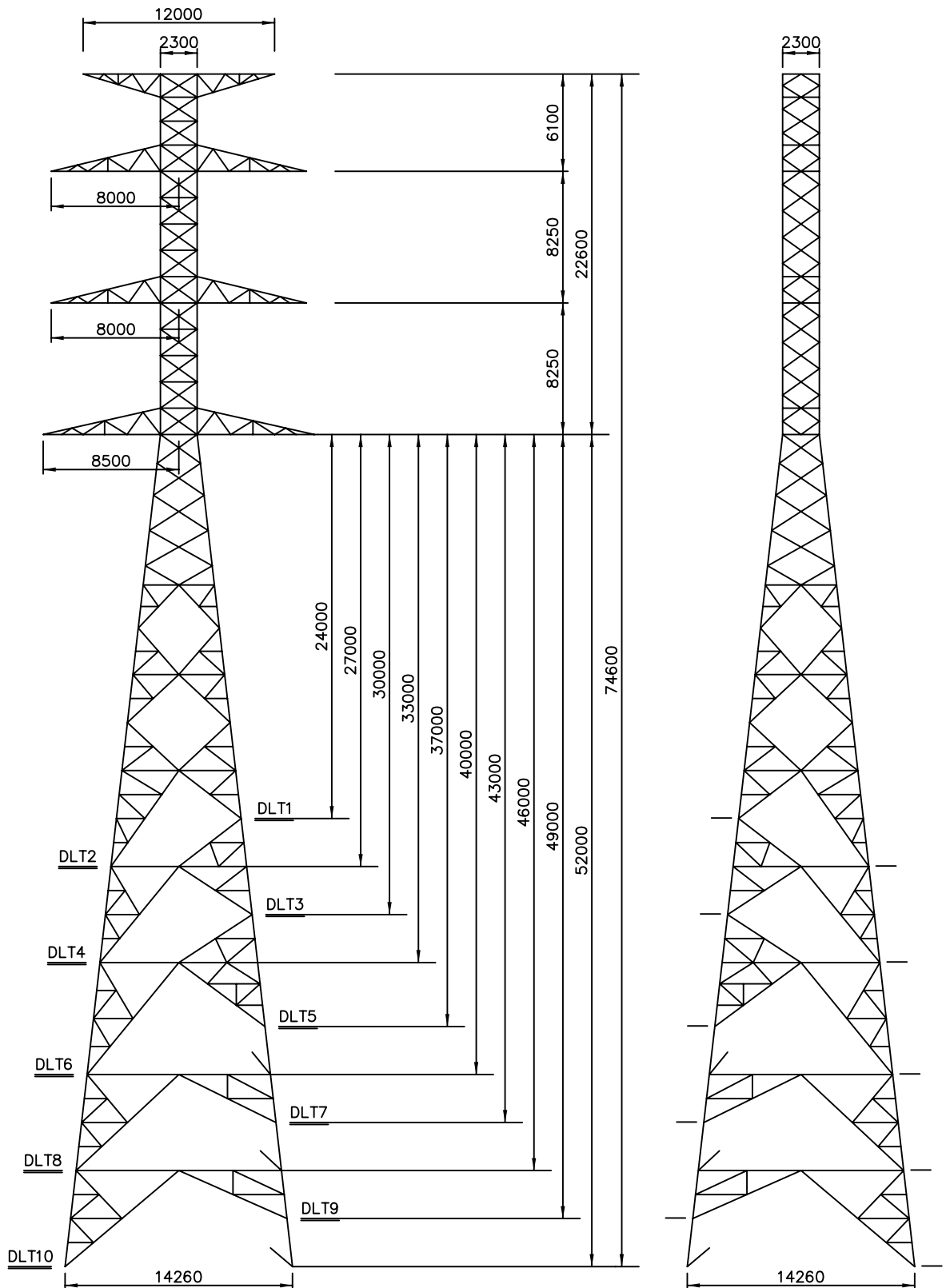
Elementos Gerais

Projeto

LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)																
Apoio						Ângulo [grd]	Vão Topográfico [m]	Distância à Origem [m]	Coordenadas ETRS89			Fixação dos cabos			Tipo Fixação CC	Tipo Fixação CG
N.º	Tipo	Área de Ocupação [m ²]	Altura Total [m]	Altura Útil [m]	Fundação				Meridiano [m]	Perpendicular [m]	Cota [m]	C.Condutores	OPGW	Dorking		
Pórt.	PAL4	-	-	-	-	-	87.76	0.00	54405.41	-164200.18	279.39	4D4H2M150P5	10181	10183	AP20	A
1	QT2	51	30.6	25.6	DRE135	-	317.17	87.76	54492.70	-164191.14	268.78	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
2	QT1	40	25.6	20.6	DRE135	-6.37	466.87	404.93	54808.19	-164158.49	265.62	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
3	DLT5	127	60.17	37.57	DRE266	22.79	309.40	871.80	55265.44	-164064.24	242.53	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
4	DLT8	178	69.17	46.57	DRE266	42.38	105.37	1181.19	55571.14	-164111.90	193.70	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
5	DLT2	81	50.17	27.57	DRE266	81.11	128.34	1286.57	55643.01	-164188.97	192.34	4D4H2M150N5	10181	10183	AD20	A
Pórt.	PAL4	-	-	-	-	-	-	1414.90	55578.84	-164300.11	174.53	4D4H2M150P5	10181	10183	AP20	A

ANEXO A.02

Esquema Axial dos Apoios



A	Alterações diversas	Alcide	H.Alexandre	M.Severina	04/02/2008
Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data

Desenhado
Alcide Silva

Verificado
Helder Alexandre

Estado
Released

Manuel Severina

Data
2/4/2008

LINHAS DUPLAS

POSTE TIPO DLT

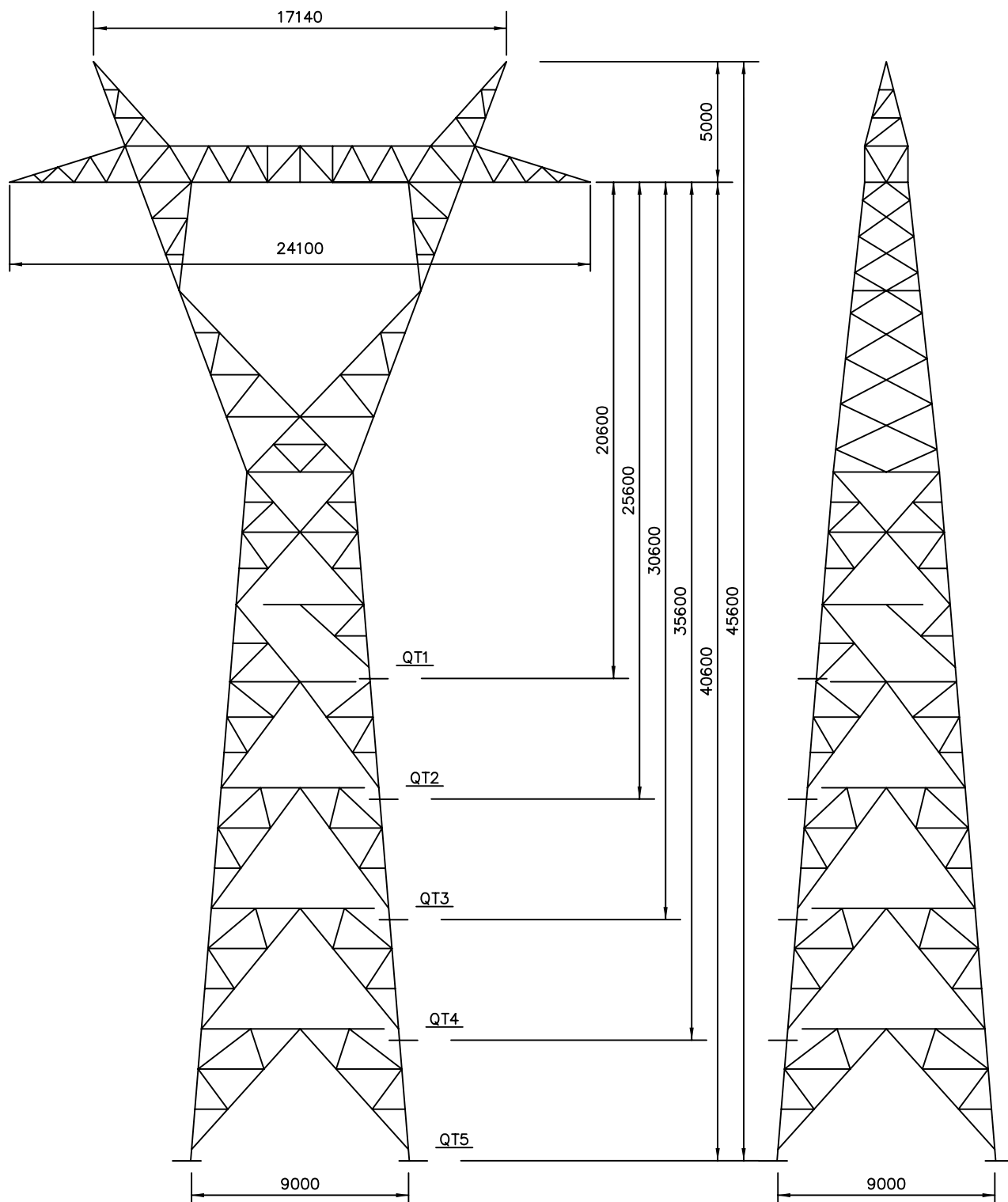


Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho N° **LD31289**

Revisão **A** Formato **A4** N° folha **—**

Escala **—**



A	Alterações diversas	Alcides H. Alexandre	M. Severina	04/02/2008	
Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data

Desenhado
A. Teixeira

Verificado
Manuel Severina

Estado
Released

Manuel Severina

Data
2/4/2008

LINHAS SIMPLES

POSTE TIPO QT

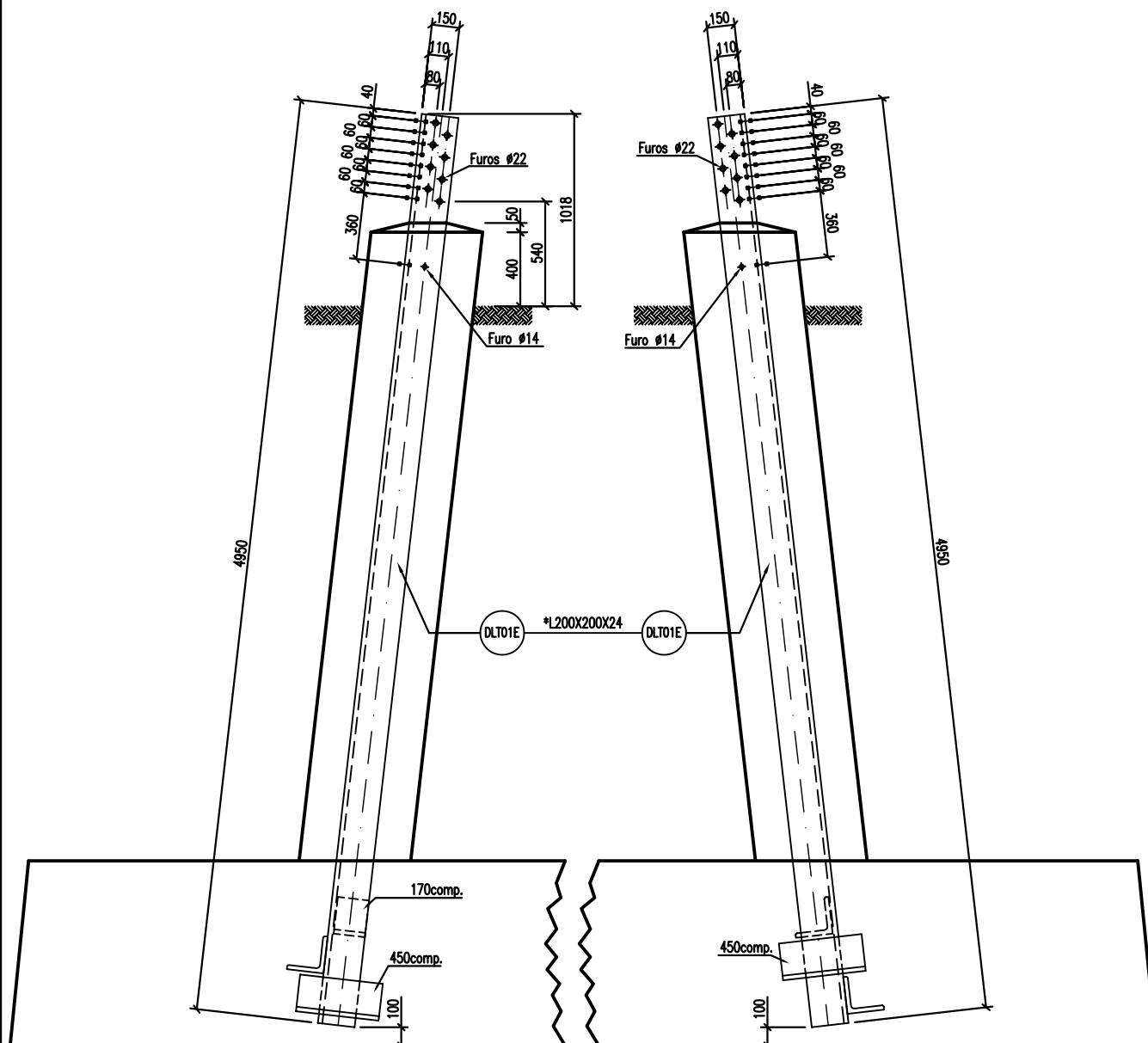


Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho N°	LD30602		
Revisão	A	Formato	A4
N° folha			
Escala	—		

ANEXO A.03

Esquema das Fundações



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

FUNDAÇÃO DRE266

Nota: As dimensões são em milímetros.
Perfilado *L200X200X24.
Os esquadros são do mesmo perfil do montante.

A	Mofificação do tipo de fundação.	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	06/03/2007
Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data

Desenhado
José Tavares
Verificado
Carlos Homem
Estado
Released
Manuel Severina
Data
3/6/2007

POSTE DLT

FUNDAÇÕES
DLT 1, 2, 3, 4, 5 e 6

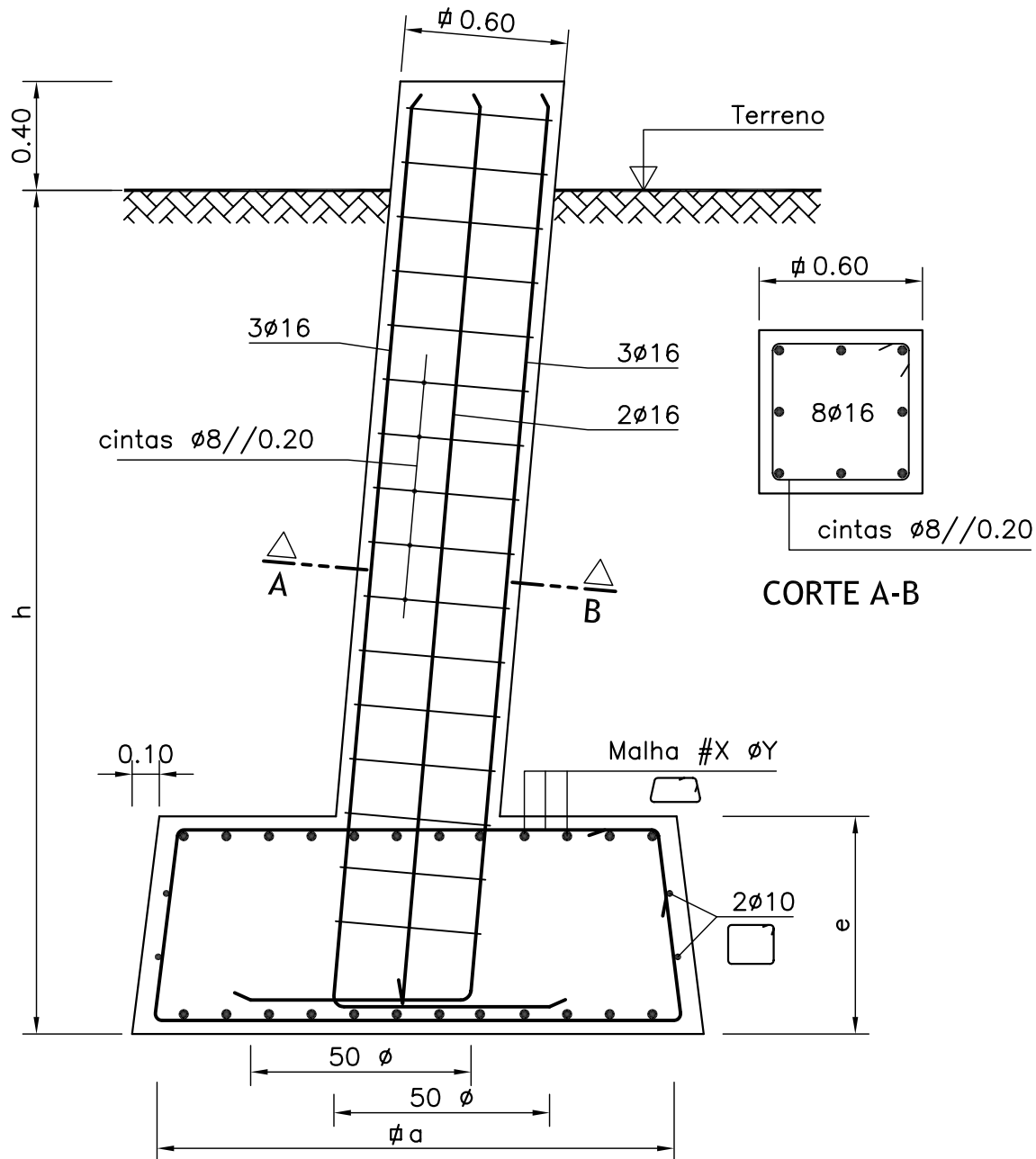


Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho N° **LD30362**

Revisão **A** Formato **A4** N° folha **.**

Escala



TIPO	a (m)	e (m)	h (m)	Malha	Peso Arm. (Kg)
DRE 081	1.90	0.80	3.10	#12 Ø12	200
DRE 092	1.90	0.80	3.30	#12 Ø12	205
DRE 101	2.10	0.80	3.30	#16 Ø12	260
DRE 114	2.10	0.80	3.50	#16 Ø12	260
DRE 124	2.30	0.80	3.50	#16 Ø12	275
DRE 135	2.50	0.85	3.50	#16 Ø12	290
DRE 147	2.70	0.90	3.50	#18 Ø12	330
DRE 159	2.90	0.95	3.50	#18 Ø12	360
DRE 171	3.10	1.00	3.50	#20 Ø12	410

Betão= B 25/30
Aço= A 400NR
Rec.= 5cm

Nota:

#X ØY – Malha constituída por X ferros de Y mm de diâmetro

A	Alteração da especificação da malha	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	01/03/2005
B	Especificação da constituição da malha	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	28/09/2005
C	Alteração das cotas da chaminé	J.Tavares	C.Homem	M.Severina	31/03/2006
D	Alterações diversas	Alcide	C.Homem	M.Severina	03/03/2009
Revisão	Designação	Des.	Verif.	Aprov.	Data

Desenhado
Alcide Silva
Verificado
Carlos Homem
Estado
Released
Manuel Severina
Data
3/3/2009

MACIÇOS DE FUNDAÇÃO
DE DRE081 A DRE171

REN

Rede Eléctrica Nacional, S.A.
DIVISÃO EQUIPAMENTO

Desenho N°
LD31046
Revisão
D
Formato
A4
N° folha
.
Escala
S/ESCALA

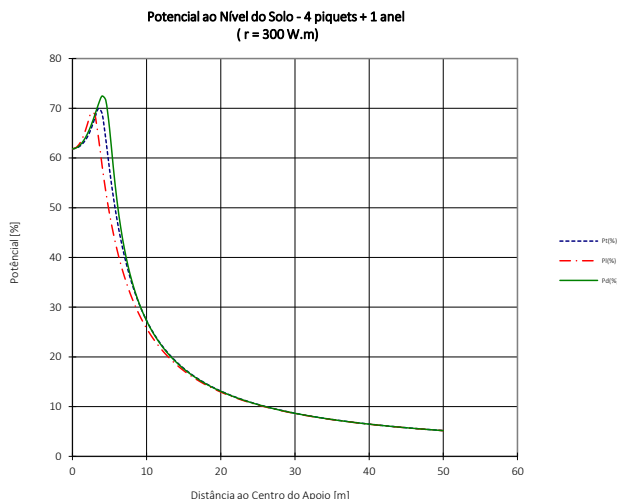
ANEXO A.04

Circuitos de Terra dos Apoios

Perfis de Potencial ao Nível do Solo - Malha de 4 piquets + 1 anel

Perfis Transversal (t), Longitudinal(l) e Diagonal(d), solo homogêneo de resistividade 300 Ohm.m

D.Eixo [m]	Pt(%)	Pl(%)	Pd(%)	dPt(%)	dPl(%)	dPd(%)
0.00	61.85	61.85	61.85			
0.50	61.98	62.12	62.03			
1.00	62.38	62.97	62.57	0.53	1.13	0.72
1.50	63.09	64.49	63.49	1.11	2.37	1.46
2.00	64.20	66.71	64.80	1.82	3.73	2.23
2.50	65.80	69.06	66.51	2.71	4.57	3.02
3.00	67.94	68.80	68.58	3.75	2.09	3.77
3.50	69.94	64.21	70.79	4.14	-4.84	4.28
4.00	68.92	58.44	72.46	0.97	-10.35	3.88
4.50	63.76	53.24	71.57	-6.18	-10.98	0.77
5.00	57.72	48.77	65.99	-11.20	-9.67	-6.47
5.50	52.32	44.95	58.28	-11.44	-8.29	-13.29
6.00	47.70	41.63	51.51	-10.02	-7.14	-14.48
6.50	43.75	38.73	46.12	-8.57	-6.21	-12.16
7.00	40.35	36.19	41.80	-7.35	-5.44	-9.71
7.50	37.41	33.93	38.28	-6.33	-4.80	-7.84
8.00	34.85	31.92	35.35	-5.50	-4.26	-6.45
8.50	32.61	30.13	32.87	-4.80	-3.80	-5.41
9.00	30.63	28.52	30.74	-4.22	-3.41	-4.61
9.50	28.88	27.06	28.89	-3.74	-3.07	-3.98
10.00	27.31	25.74	27.26	-3.32	-2.78	-3.48
10.50	25.90	24.54	25.81	-2.97	-2.52	-3.07
11.00	24.63	23.44	24.52	-2.68	-2.30	-2.74
11.50	23.48	22.44	23.36	-2.42	-2.10	-2.45
12.00	22.43	21.51	22.31	-2.20	-1.93	-2.21
12.50	21.48	20.66	21.35	-2.00	-1.78	-2.01
13.00	20.60	19.87	20.48	-1.83	-1.64	-1.83
13.50	19.79	19.14	19.67	-1.69	-1.52	-1.68
14.00	19.05	18.46	18.93	-1.55	-1.41	-1.55
14.50	18.35	17.83	18.24	-1.44	-1.31	-1.43
15.00	17.71	17.24	17.61	-1.33	-1.23	-1.32
15.50	17.11	16.68	17.01	-1.24	-1.15	-1.23
16.00	16.55	16.16	16.46	-1.16	-1.07	-1.15
16.50	16.03	15.67	15.94	-1.08	-1.01	-1.07
17.00	15.54	15.21	15.46	-1.01	-0.95	-1.00
17.50	15.08	14.78	15.00	-0.95	-0.89	-0.94
18.00	14.64	14.37	14.57	-0.90	-0.84	-0.89
18.50	14.23	13.98	14.17	-0.84	-0.80	-0.84
19.00	13.85	13.61	13.78	-0.80	-0.76	-0.79
19.50	13.48	13.26	13.42	-0.75	-0.72	-0.75
20.00	13.13	12.93	13.08	-0.71	-0.68	-0.71
20.50	12.80	12.62	12.75	-0.68	-0.65	-0.67
21.00	12.49	12.32	12.44	-0.64	-0.62	-0.64
21.50	12.19	12.03	12.14	-0.61	-0.59	-0.61
22.00	11.91	11.76	11.86	-0.58	-0.56	-0.58
22.50	11.64	11.50	11.59	-0.56	-0.53	-0.55
23.00	11.38	11.25	11.34	-0.53	-0.51	-0.53
23.50	11.13	11.01	11.09	-0.51	-0.49	-0.50
24.00	10.89	10.78	10.86	-0.48	-0.47	-0.48
24.50	10.67	10.56	10.63	-0.46	-0.45	-0.46
25.00	10.45	10.35	10.42	-0.44	-0.43	-0.44
25.50	10.24	10.14	10.21	-0.43	-0.41	-0.42
26.00	10.04	9.95	10.01	-0.41	-0.40	-0.41
26.50	9.85	9.76	9.82	-0.39	-0.38	-0.39
27.00	9.66	9.58	9.63	-0.38	-0.37	-0.38
27.50	9.48	9.41	9.46	-0.36	-0.36	-0.36
28.00	9.31	9.24	9.29	-0.35	-0.34	-0.35
28.50	9.14	9.08	9.12	-0.34	-0.33	-0.34
29.00	8.98	8.92	8.96	-0.33	-0.32	-0.32
29.50	8.83	8.77	8.81	-0.31	-0.31	-0.31
30.00	8.68	8.62	8.66	-0.30	-0.30	-0.30
30.50	8.54	8.48	8.52	-0.29	-0.29	-0.29
31.00	8.40	8.34	8.38	-0.28	-0.28	-0.28
31.50	8.26	8.21	8.24	-0.27	-0.27	-0.27
32.00	8.13	8.08	8.11	-0.27	-0.26	-0.26
32.50	8.00	7.96	7.99	-0.26	-0.25	-0.26
33.00	7.88	7.84	7.87	-0.25	-0.25	-0.25
33.50	7.76	7.72	7.75	-0.24	-0.24	-0.24
34.00	7.65	7.61	7.63	-0.23	-0.23	-0.23
34.50	7.54	7.50	7.52	-0.23	-0.22	-0.23
35.00	7.43	7.39	7.41	-0.22	-0.22	-0.22
35.50	7.32	7.28	7.31	-0.21	-0.21	-0.21
36.00	7.22	7.18	7.21	-0.21	-0.21	-0.21
36.50	7.12	7.09	7.11	-0.20	-0.20	-0.20
37.00	7.02	6.99	7.01	-0.20	-0.19	-0.20
37.50	6.93	6.90	6.92	-0.19	-0.19	-0.19
38.00	6.83	6.81	6.82	-0.19	-0.18	-0.19
38.50	6.75	6.72	6.74	-0.18	-0.18	-0.18
39.00	6.66	6.63	6.65	-0.18	-0.17	-0.18
39.50	6.57	6.55	6.56	-0.17	-0.17	-0.17
40.00	6.49	6.46	6.48	-0.17	-0.17	-0.17
40.50	6.41	6.39	6.40	-0.16	-0.16	-0.16
41.00	6.33	6.31	6.32	-0.16	-0.16	-0.16
41.50	6.25	6.23	6.25	-0.16	-0.15	-0.16
42.00	6.18	6.16	6.17	-0.15	-0.15	-0.15
42.50	6.11	6.08	6.10	-0.15	-0.15	-0.15
43.00	6.03	6.01	6.03	-0.14	-0.14	-0.14
43.50	5.96	5.94	5.96	-0.14	-0.14	-0.14
44.00	5.90	5.88	5.89	-0.14	-0.14	-0.14
44.50	5.83	5.81	5.82	-0.13	-0.13	-0.13
45.00	5.76	5.75	5.76	-0.13	-0.13	-0.13
45.50	5.70	5.68	5.69	-0.13	-0.13	-0.13
46.00	5.64	5.62	5.63	-0.13	-0.12	-0.13
46.50	5.58	5.56	5.57	-0.12	-0.12	-0.12
47.00	5.52	5.50	5.51	-0.12	-0.12	-0.12
47.50	5.46	5.44	5.45	-0.12	-0.12	-0.12
48.00	5.40	5.39	5.40	-0.12	-0.11	-0.12
48.50	5.35	5.33	5.34	-0.11	-0.11	-0.11
49.00	5.29	5.28	5.29	-0.11	-0.11	-0.11
49.50	5.24	5.22	5.23	-0.11	-0.11	-0.11
50.00	5.18	5.17	5.18	-0.11	-0.11	-0.11



Dimensões consideradas na base : transversal = 7 x 5
Resistência da malha = **18.47** Ohm

Upt= -11.44 % Uct= 36.24 %
Upl= -10.98 % Ucl= 35.79 %
Upd= **-14.48 %** Ucd= **41.72 %**

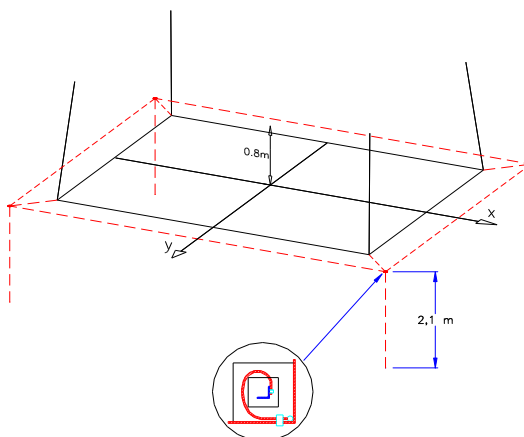
Umáx solo t = 69.94 %
Umáx solo l = 69.06 %
Umáx solo d = 72.46 %

Valores em % da tensão da malha de terra.

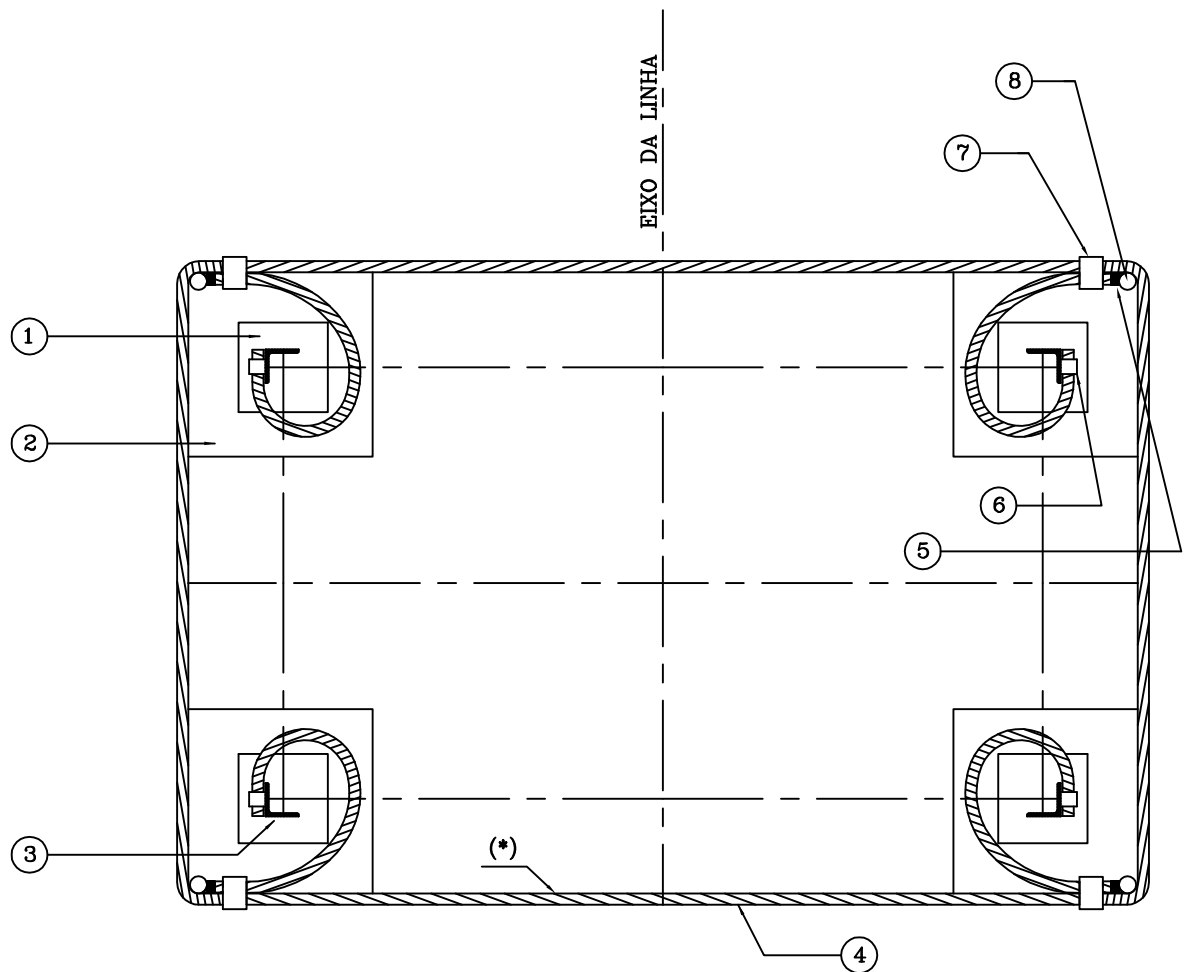
A tensão da malha é estimada em função da parte da corrente de curto-circuito que se escoou num dado apoio. Esta corrente depende da evolução ao longo da linha e das resistências dos apoios na vizinhança, bem como da resistividade e homogeneidade do solo.

Medições feitas nos EUA mostram que a maior parte da corrente de curto-circuito se escoou pelos cabos de guarda, variando a parte que se escoou para o solo num dado apoio entre 0 e 12% de Icc.

Na vizinhança das subestações (3-4 km iniciais) a corrente de curto-circuito escoou-se praticamente toda pelos cabos de guarda para a terra da subestação.



REN	MATERIAL DE LIGAÇÃO À TERRA	PL LTE 001
	CONFIGURAÇÃO TIPO DA MALHA DE TERRA	Data: 96.03.29



(*) – Pode não existir anel fechado

Posição	Designação
(1)	CHAMINÊ DO MACIÇO
(2)	CABOUÇO
(3)	CANTONEIRA DA BASE
(4)	CABO COBRE COM 9mmØ ENTERRADO À PROFUNDIDADE DE 800mm
(5)	LIGADOR TIPO "E"
(6)	LIGADOR TIPO "M"
(7)	LIGADOR TIPO "C"
(8)	ELECTRODO

Revisão n°	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado
01	02.04	Alteração do logotipo.	JT	JV	por: J. Tavares
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	
03					Verificado por: C. Homem
04					

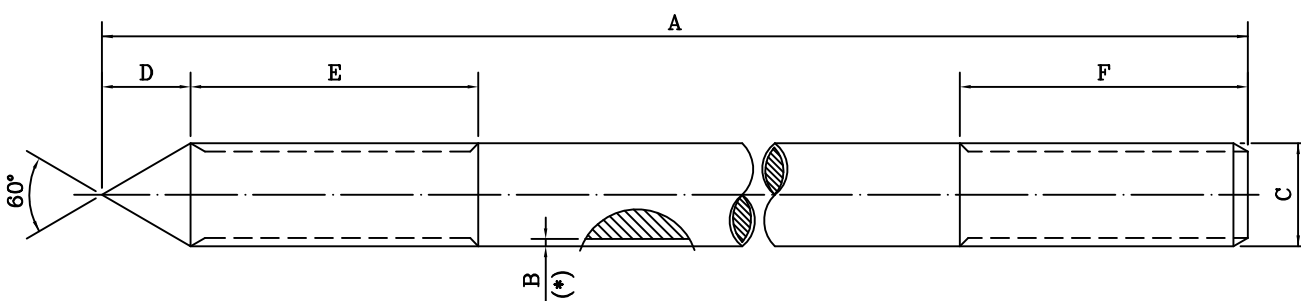
REN EQPJ-LN	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		PL LTE 002
			Data: 96.03.29
DESIGNAÇÃO	E L E C T R O D O D E T E R R A	Tipo de Peça	LIGAÇÃO MALHA DE TERRA Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐
UTILIZAÇÃO	Ligação da malha de terra ao solo.		

1 - Estes acessórios devem obrigatoriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 - Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

- $\pm 0,7\text{mm}$ se a dimensão for $\leq 35\text{mm}$
- $\pm 2\%$ se a dimensão for $> 35\text{mm}$



(*) - B - Espessura mínima do revestimento.

CÓDIGO	Ref. ^a (**) Fabricante	A (mm)	B (mm) (**) (mm)	C (mm)	D (mm) (**) (mm)	E (mm) (**) (mm)	F (mm) (**) (mm)	Carga de rotura (kN) (**) (kN)	Massa (Kg) (**) (kg)
ELECT. 16		2000		Ø16					

(**) - A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos				Resi- liência kVC 0° C (***)	Norma de Referência (***)	Tipo de Revestimento (***)
	Tipo de Aço (***)	Tracção					
		Re MPa (***)	R MPa (***)	A % (***)			
ELECT. 16							

(***) - A fornecer pelo fabricante.

Revisão n°	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	por: J. Tavares
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	
03					Verificado por: C. Homem
04					

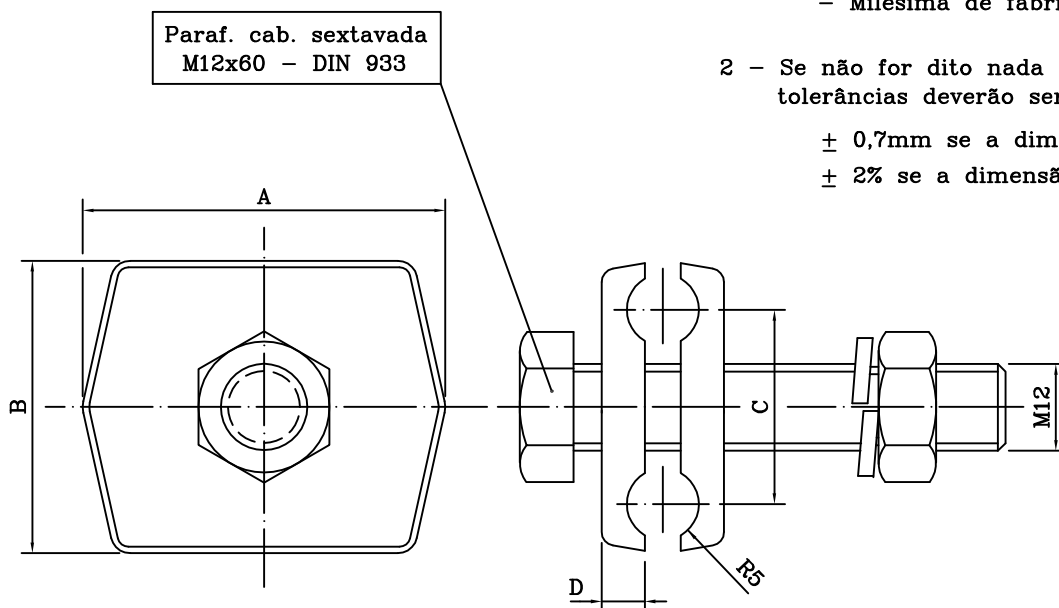
REN EQPJ-LN	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		PL LTE 004	
			Data: 96.03.29	
DESIGNAÇÃO	L I G A D O R T I P O "M"	Tipo de Peça		
		LIGAÇÃO MALHA DE TERRA		
		Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐		
UTILIZAÇÃO	Ligação cabo de cobre e fixação a montante do apoio.			

1 - Estes acessórios devem obrigatoriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 - Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

- $\pm 0,7\text{mm}$ se a dimensão for $\leq 35\text{mm}$
- $\pm 2\%$ se a dimensão for $> 35\text{mm}$



CÓDIGO	Ref.ª (*) Fabricante	A (mm) (*)	B (mm) (*)	C (mm) (*)	D (mm) (*)	Carga de rotura (kN) (*)	Massa (Kg) (*)
LIG. "M"							

(*) - A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos					Norma de Referência (**)	Tipo de Revestimento (**)
	Tipo de (**) Material	Composição (**)					
LIG. "M"							

(**) - A fornecer pelo fabricante.

Revisão n°	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	por: J. Tavares
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	
03					Verificado por: C. Homem
04					

EQPJ-LN

DESIGNAÇÃO

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

PL LTE 005

Data: 96.03.29

L I G A D O R

T I P O "E"

Tipo de Peça

LIGAÇÃO MALHA DE TERRA

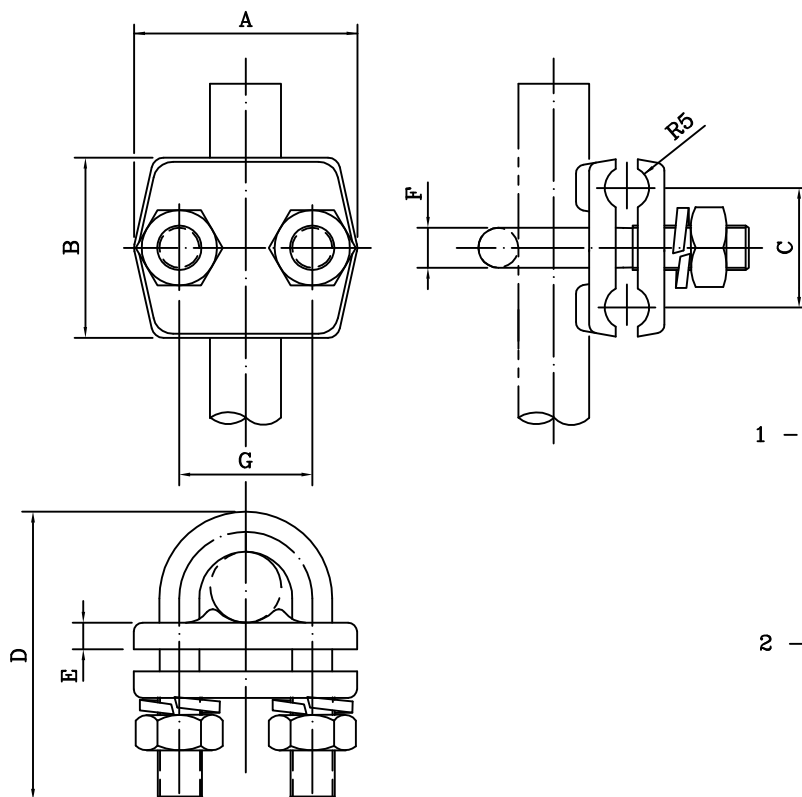
Elemento de Alta Segurança

Sim ☐

Não ☐

UTILIZAÇÃO

Ligação de electrodo de terra e cabo de cobre nú.



1 - Estes acessórios devem obrigatoriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 - Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

$\pm 0,7\text{mm}$ se a dimensão for $\leq 35\text{mm}$

+ 2% se a dimensão for >35mm

[illegible]

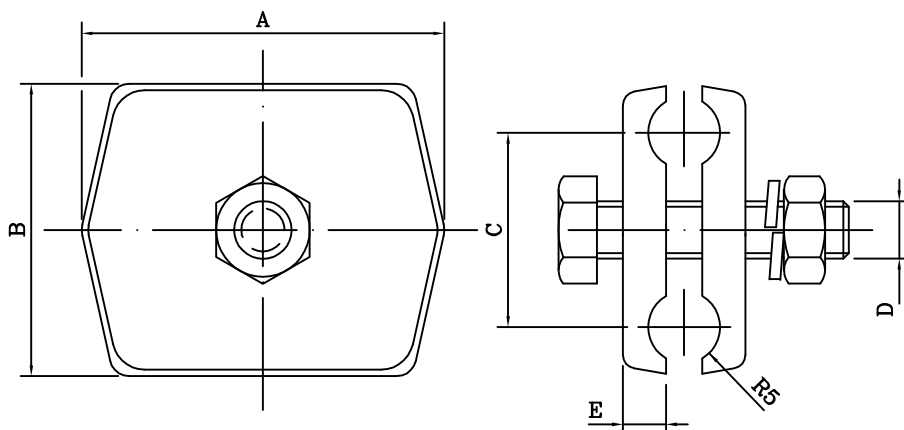
(*) - A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos						Norma de Referência (**)	Tipo de Revestimento (**)
	Tipo de (**) Material	Composição (**)						
LIG. "E"								

(**) - A fornecer pelo fabricante.

Revisão nº	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	por: J. Tavares
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	Verificado
03					por: C. Homem
04					

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		PL LTE 006
EQPJ-LN			Data: 96.03.29
DESIGNAÇÃO	L I G A D O R T I P O "C"	Tipo de Peça	
		LIGAÇÃO MALHA DE TERRA	
		Elemento de Alta Segurança Sim ☐ Não ☐	
UTILIZAÇÃO	Ligação de dois cabos de cobre nus.		



1 - Estes acessórios devem obrigatoriamente ter as seguintes indicações:

- Marca de identificação
- Marca do fabricante
- Milésima de fabricação

2 - Se não for dito nada em contrário as tolerâncias deverão ser:

- $\pm 0,7\text{mm}$ se a dimensão for $\leq 35\text{mm}$
- $\pm 2\%$ se a dimensão for $> 35\text{mm}$

CÓDIGO	Ref: (*) Fabricante	A (mm) (*)	B (mm) (*)	C (mm) (*)	D (mm) (*)	ϕE (mm) (*)	Carga de rotura (kN) (*)	Massa (Kg) (*)
LIG. "C"								

(*) - A fornecer pelo fabricante.

ELEMENTO	Produtos Siderúrgicos					Norma de Referência (**)	Tipo de Revestimento (**)
	Tipo de (**) Material	Composição (**)					
LIG. "C"							

(**) - A fornecer pelo fabricante.

Revisão n°	Data	Designação	Efect.	Verif.	Desenhado
01	02.04	Alteração do logotipo	JT	JV	por: J. Tavares
02	08.09	Introdução do Novo Logotipo	JT	CH	
03					Verificado por: C. Homem
04					

ESTUDO DAS CORRENTES DE CURTO-CIRCUITO AO LONGO DA LINHA

Corrente de Curto-Circuito ao Longo da Linha

DADOS

Apoios	DLT
Cond. Geminados	SIM
Nº.de ternos	1

C.Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

	Parte Real	Parte Imag.
Zd - Impedância Directa [Ω / km]	0.0271	0.3113
Zh - Impedância Homopolar [Ω / km]	0.1893	0.7996

$$\Rightarrow |Z_d| = 0.3125 \Omega / \text{km}$$

$$\Rightarrow |Z_h| = 0.8217 \Omega / \text{km}$$

Comprimento total da linha [km]	1.41
---------------------------------	------

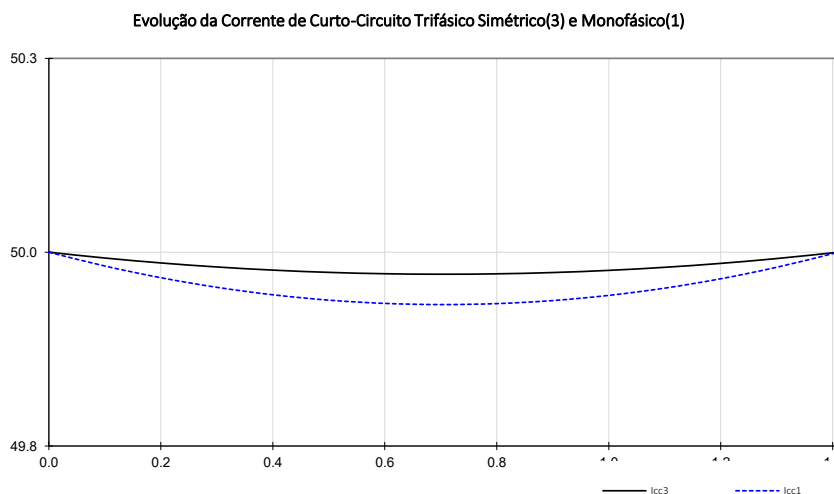
Correntes de curto-circuito nas extremidades da linha [kA]	ICC ₁	ICC ₂
	50.0	50.0

Tensão nominal [kV]	U _c	U _s
	400.00	230.94

Dist. [km]	lcc3 [kA]	lcc1[kA]
0.0	50.00	50.00
0.1	49.99	49.98
0.2	49.99	49.97
0.3	49.98	49.95
0.4	49.98	49.95
0.5	49.97	49.94
0.6	49.97	49.93
0.7	49.97	49.93
0.8	49.97	49.93
0.9	49.97	49.94
1.0	49.98	49.94
1.1	49.98	49.95
1.2	49.99	49.97
1.3	49.99	49.98
1.4	50.00	50.00
1.41	50.00	50.00

lcc3 -> corrente de curto-circuito trifásico

lcc1 -> corrente de curto-circuito monofásico



Impedância directa equivalente a montante das subestações =

9.0226 Ohm

Impedância homopolar equivalente a montante das subestações =

8.6853 Ohm

ANEXO A.05

Características dos Cabos

Projeto Data act. 14-06-2016 REV. C	ETCCO01 - Cabos nus para linhas aéreas de MAT	
--	--	---

CARACTERISTICAS DOS CABOS

ANEXO 1

Cabos		Composição						Composição	Diâm.	Diâm.	Secção	Secção	massa	massa neutra		Mod.	C.Dilat.	Carga	R cor cont	Kr	CCL	Coef.	Normas	
Designação	N.comercial	Nr	Dia	Tipo	Nr	Dia	Tipo	por camada	cabo (mm)	aço (mm)	cabo (mm²)	aço (mm²)	s/m.n. (kg/m)	min. (g/m)	max. (g/m)	Elast. (MPa)	Térmica (º)	Rotura (daN)	a 20 ºC (Ohm/m)	(/k)	(J/m/k)	E.Pel.	refª	
AAAC 570	Aster 570	61	3.45	Lal				1;6;12;18;24	31.05		570.24	0.00	1.575		0.00	53980	0.0000230	18360	0.0000583	0.00360	1397.09	1.024	NF C34-125	
ACSR 325	Bear	30	3.35	Al	7	3.35	Aç	1;6;12;18	23.45	10.05	326.12	61.70	1.213	10.77	15.39	79500	0.0000178	10938	0.0001093	0.00403	881.06	1.003	BS 215 P 2	
ACSR 153	Dorking	12	3.20	Al	7	3.20	Aç	1;6;12	16.00	9.60	152.81	56.30	0.719	9.80	14.00	104500	0.0000153	7708	0.0002992	0.00403	449.26		CSA49.1-1957	
ACSR 130	Guinea	12	2.92	Al	7	2.92	Aç	1;6;12	14.60	8.76	127.24	46.88	0.588	8.16	11.65	104500	0.0000153	6646	0.0003594	0.00403	374.09		CSA49.1-1957	
ACSR 260	Panther	30	3.00	Al	7	3.00	Aç	1;6;12;18	21.00	9.00	261.20	49.50	0.974			78155	0.0000177			0.00403			BS 215 P 2	
AACSR147.1	Pastel147.1	30	2.25	Lal	7	2.25	Aç	1;6;12;18	15.75	6.75	147.11	27.83	0.547	4.86	6.94	83970	0.0000181	8185	0.000279	0.00360	397.43		NF C34-125	
ACSR 374	Tejo	42	2.79	Al	19	2.79	Aç	1;6;12;18;24	25.11	13.95	373.90	116.40	1.615			91630	0.0000158			0.00403				
ACSR 595	Zambeze	42	4.14	Al	7	2.32	Aç	1;6;8;14;20	31.80	6.96	594.97	29.59	1.792	5.15	7.36	61500	0.0000212	11967	0.0000511	0.00403	1497.03	1.021	BS 215 P 2	
ACSR 485	Zebra	54	3.18	Al	7	3.18	Aç	1;6;12;18;24	28.62	9.54	484.48	55.60	1.620	9.71	13.87	68000	0.0000193	12849	0.0000674	0.00403	1260.92	1.011	BS 215 P 2	
ACST 121	OPGW 14,6			Lal			ACS		14.60		120.64		0.526			93880	0.0000172	6362	3.11E-04					
ACST 137- 40fo	OPGW 15,5	12	3.10	Lal	5	3.10	ACS		15.50		136.80	37.70	0.551	10.50		86400	0.0000175	7470	3.19E-04			1.100	EN 50182	
ACST 151-40fo	OPGW 16,3			Lat			ACS		16.25		151.21		0.633			92520	0.0000175	8910	2.80E-04					
ACSR/AW 517	RAIL AW	45	3.70	Al	7	2.47	Aç	1;6;9;15;21	29.61	7.41	517.39	33.53	1.563			61937	0.0000213	11370	0.0000585	0.00403	1312.20	1.018	ASTM B549/93	
ACSR 546	Cardinal	54	3.38	Al	7	3.38	Aç	1;6;9;15;21	30.38	10.13	546.10	62.70	1.791			68670	0.0000193	15262	0.0000597	0.00403	1424.03		CSA49.1-1957	
ACSR 570	570/40	45	4.02	Al	7	2.68	Aç	1;6;9;15;21	32.20		610.60	39.40	1.852					13620	0.0000511	0.00403				DIN 48204
ACSR 538	CAMEL	54	3.35	Al	7	3.4	Aç	1;6;12;18;24	30.15	10.05	537.66	61.70	1.798					14592						BS 215 P 2
ACSR 597	Moose	54	3.53	AL	7	3.5	aç	1;6;12;18;24	31.77	10.59	596.99	68.50	1.996					16097						BS 215 P 2
ACSR 565	500	54	3.43	Al	7	3.4	Aç	1;6;12;18;24	30.90		563.6	64.60	1.888					15380	0.0000578	0.00403				CEI 61089 A1/S1A
ACSR 560	560	45	3.98	Al	7	2.7	Aç	1;6;9;15;21	31.83		598.5	38.70	1.854					13200	0.0000517	0.00403				ASTM B 232
ACSR/AW860	LapwingAW	45	4.77	Al	7	3.3	Aç		38.16	9.55	861.16	55.48	2.599	0.00	2.599	58961		19499	0.0000351	0.00403	2183.63	1.060	ASTM B-549	
AACSR147.1	PHLOX147,1	18	2.25	Lal	19	2.3	Aç	1;6;12;18	15.80	11.3	147.11	75.5	0.791	0	10	124000	0.0000142	13280	4.68E-04	0.0036	460.83			CEI 61089

Legenda: Kr - Coeficiente de variação da resistência do cabo com a temperatura (°k)
CCL - Capacidade calorífica linear (J/m/k) C = Cs*Ss+Ca*Sa
Cs - Calor específico do aço = 3,78+6 J/m³/k ;
Ca - Calor específico do alumínio = 2,45E+6 J/m³/k;
Coef.Ef.Pel. - Coeficiente de Efeito Pelicular
Ss, Sa - Secções respectivamente do aço e alumínio (mm²)
Al - Alumínio
Aç - Aço
Lal - Liga de alumínio
Clal- Calor específico da liga de alumínio = 2,45E+6 J/m3/k;

CABO : OPGW AS/AA 32/94 AST 2x20 FO	
Fabricante	
Tipo de Cabo de Guarda	OPGW AS/AA 32/94 AST 2x20 FO
Secção Nominal [mm ²]	132.5
Quantidade de Fibras Ópticas	2x20
Composição	2 x 3.10 + 5 x 3.15 + 12 x 3.15
Diâmetro [mm]	15.8
Massa Linear [kg/m]	0.565
Módulo de Elasticidade [daN/mm ²]	9068
Coefficiente de Dilatação Linear [°C ⁻¹]	1.76E-05
Resistência Elétrica [Ohm/km]	0.3200
Carga de Rotura [daN]	7235

ANEXO A.06

Características dos Isoladores

ESLN	ESLN/ET/ICA01	RENN
------	---------------	-------------

CARACTERÍSTICAS DO ISOLADOR

ANEXO II

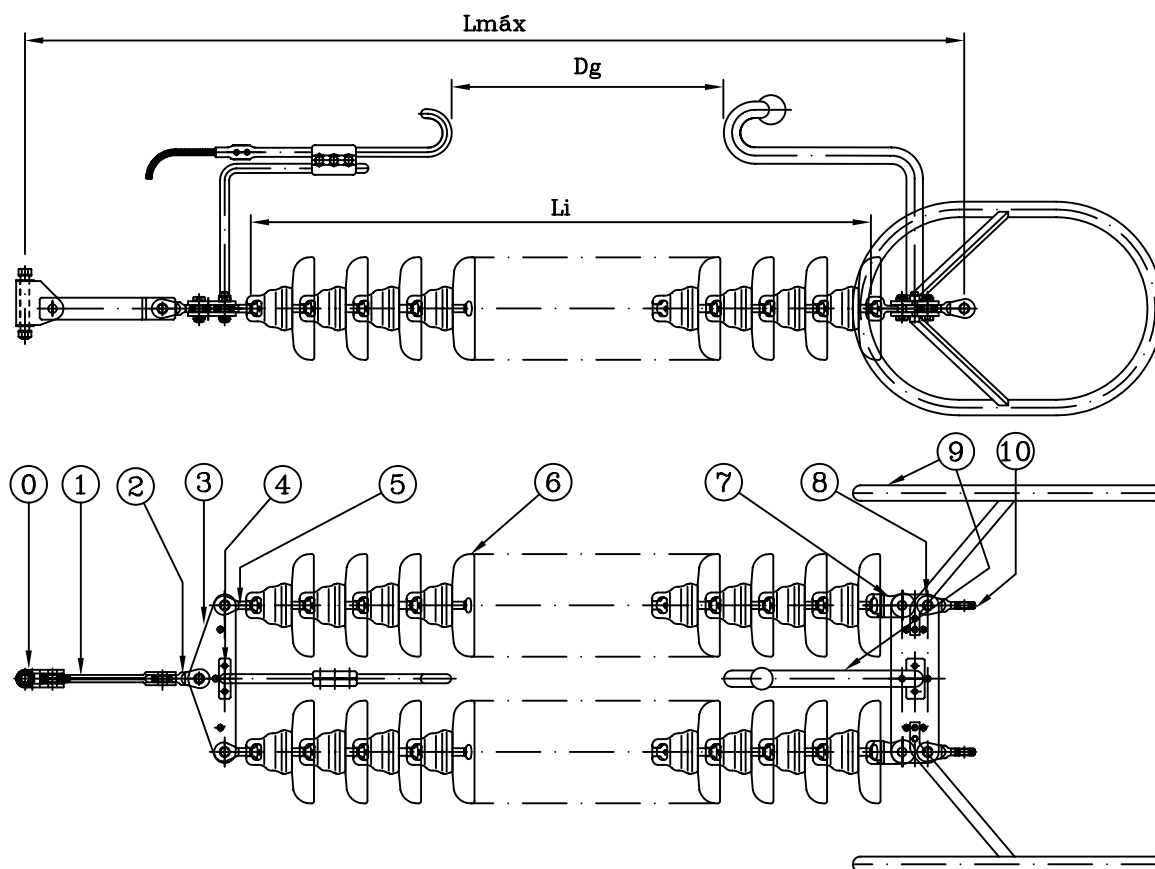
DISCRIMINAÇÃO			
DESIGNAÇÃO (CEI):		U160 BS	
I) CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS:			
DIÂMETRO NOMINAL MÁXIMO:		280 mm	
DIÂMETRO DO ESPIGÃO (Segundo Publicação CEI 120):		20 mm	
PASSO:		146 mm	
LINHA DE FUGA NOMINAL MÍNIMA:		380 mm	
II) CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:			
TENSÃO SUPORTÁVEL A SECO A 50 Hz-1 min:		75 kV	(eficaz)
TENSÃO SUPORTÁVEL SOB CHUVA A 50 Hz-1 min:		45 kV	(pico)
TENSÃO SUPORTÁVEL AO CHOQUE AMOSFÉRICO:		110 kV	(pico)
TENSÃO MÍNIMA DE PERFURAÇÃO EM ÓLEO:		130 kV	(eficaz)
III) CARACTERÍSTICAS ELECTROMECÂNICAS:			
CARGA DE ROTURA MÍNIMA GARANTIDA:		160 kN	
IV) CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES:			
SAIA DIELÉCTRICA:		Vidro temperado ou porcelana	
CAMPÂNULA:		Ferro fundido maleável	
ESPIGÃO:		Aço forjado ≥ 65 kgf/mm ²	
CIMENTO DE COLAGEM:		Cimento aluminoso	
GOLPILHAS:		Bronze fosforoso ou aço inox	
REV. Nº	DESIGNAÇÃO	EXEC.	APROV.
2003-02-25	Novo Logotipo. Alteração linha de fuga mínima	Carlos Homem	Manuel Severina
2007-04-13	Novo Logotipo.	Carlos Homem	Manuel Severina

ANEXO A.07

Planos das Cadeias de Isoladores e Fixação dos CG

REN	420 kV	PLANO DAS CADEIAS DE AMARRAÇÃO		DUPLA	PL 10192
EQPJ-LN	Un=400 kV	Feixe Duplo	Ao Pórtico da Subestação	50 kA	Data: 08.05.21 Revisão: 1

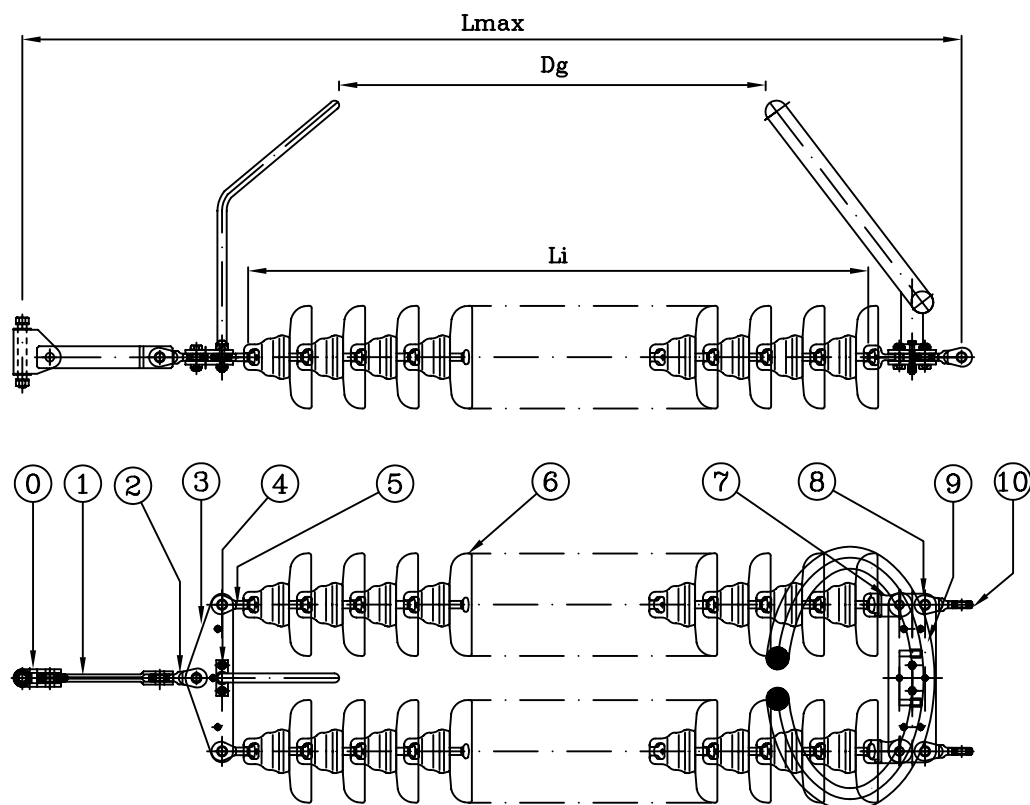
- 1 - A haste de descarga do lado da estrutura é regulável, enquanto do lado do condutor é fixa.
- 2 - O espigão dos isoladores é de Ø20mm de acordo com a publicação CEI - 60120.
- 3 - Os dispositivos de protecção, hastes, são em varão de aço de Ø25mm e devem-se associar 2 anéis regularizadores do potencial (lado do condutor).
- 4 - As dimensões da golpilha são de acordo com a publicação CEI - 60372.
- 5 - Os dispositivos de protecção, hastes, devem estar dispostos de modo a que o arco permaneça sempre a uma distância dos isoladores pelo menos, igual ao seu diâmetro e nunca inferior a 250mm.
- 6 - Pode ser prevista a utilização de "shunts" quer do lado da estrutura quer do lado do condutor. A ligação do "shunt" da haste regulável, não deve ser feita às peças intermédias da cadeia, mas sim à estrutura de fixação da cadeia.



Posição	Comp. Útil (mm)	4 D 4 H 2 M 150 P 5	4 D 4 H 2 F 150 P 5
(0)	75	CHARNEIRA CH 300	
(1)	300	PROLONGO PF 300	
(2)	100	LIGADOR CRUZADO LC 300	
(3)	70	BALANCEIRO BT 300	
(4)	----	HASTE DE DESCARGA SUPERIOR REGULÁVEL HDr 25	
(5)	70	OLHAL COM BOLA (2xOB 150 - Norma CEI 60120 Ø20mm)	
(6)	----	2x23 * U160BS	2x20 * Antipoluição 160 kN
(7)	85	BALL SOCKET COM PATILHA (2xBS 150 - Norma CEI 60120 Ø20mm)	
(8)	70	BALANCEIRO BR 300	
(9)	----	HASTE DE DESCARGA INFERIOR FIXA C/ ANÉIS HDf/AR 25	
(10)	100	LIGADOR CRUZADO 2xLC 150	
Lmáx		4228 mm	4270 mm
Li		3358 mm	3400 mm
Dg		1700 mm ±50 mm	
Carga rotura		300 kN	300 kN
Peso aprox.		354 Kg	396 Kg

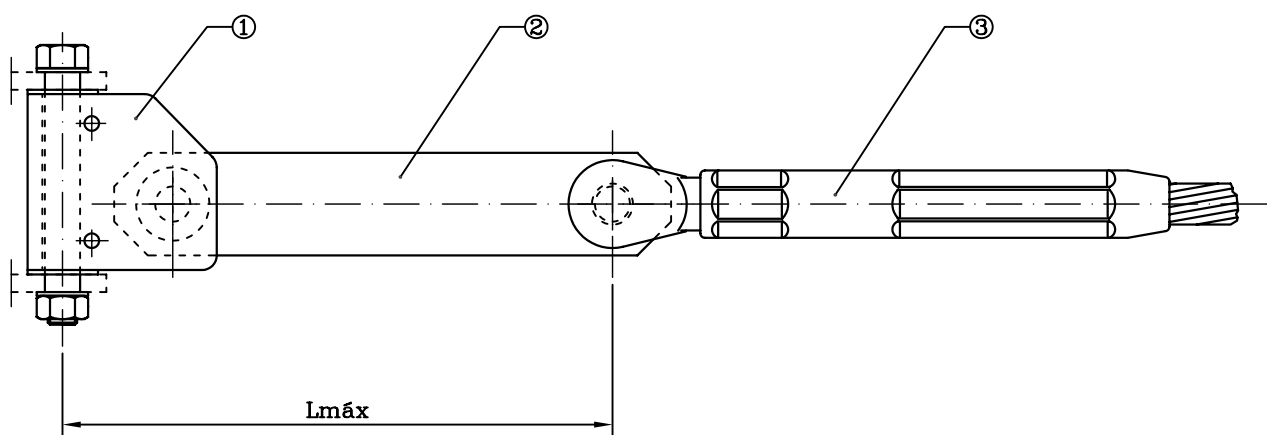
	420 kV	PLANO DAS CADEIAS DE AMARRAÇÃO		DUPLA	PL 10193
	Un=400 kV	Feixe Duplo	Linha Simples Linha Dupla	≤50 kA	Data: 08.05.21 Revisão: 1

- 1 - Os dispositivos de protecção como a haste são em varão de aço de $\varnothing 25\text{mm}$, enquanto o anel de descarga será em tubo de aço com secção mínima de 500mm^2 ($\varnothing \pm 60\text{mm}$) aberto, devendo nesta zona ser maciço (intervalo entre pontas do anel $50 \pm 5\text{mm}$).
- 2 - O espigão dos isoladores é de $\varnothing 20\text{mm}$ de acordo com a publicação CEI - 60120.
- 3 - As dimensões da golpilha são de acordo com a publicação CEI - 60372.
- 4 - Os dispositivos de protecção, haste e anel de descarga, devem estar dispostos de modo a que o arco permaneça sempre a uma distância dos isoladores pelo menos, igual ao seu diâmetro e nunca inferior a 250mm.



Posição	Comp. Útil (mm)	4 D 4 H 2 M 150 N 5	4 D 4 H 2 F 150 N 5
(0)	75	CHARNEIRA CH 300	
(1)	300	PROLONGO PF 300	
(2)	100	LIGADOR CRUZADO LC 300	
(3)	70	BALANCEIRO BT 300	
(4)	----	HASTE DE DESCARGA SUPERIOR HD 25C1	
(5)	70	OLHAL COM BOLA (2xOB 150 - Norma CEI 60120 $\varnothing 20\text{mm}$)	
(6)	----	2x23 * U160BS	2x20 * Antipoluição 160 kN
(7)	85	BALL SOCKET COM PATILHA (2xBS 150 - Norma CEI 60120 $\varnothing 20\text{mm}$)	
(8)	70	BALANCEIRO BR 300	
(9)	----	ANEL DE PROTECÇÃO INFERIOR AP60 N1	
(10)	100	LIGADOR CRUZADO 2xLC 150	
Lmáx		4228 mm	4270 mm
Li		3358 mm	3400 mm
Dg		2828 mm	2870 mm
Carga rotura		300 kN	300 kN
Peso aprox.		341 Kg	383 Kg

 EQPJ-LN	PLANO DE CONJUNTO DE AMARRAÇÃO		≤ 50 kA	PL 10181 Data: 08.05.08 Revisão: 2
	Cabo de Guarda	Linha Simples Linha Dupla		

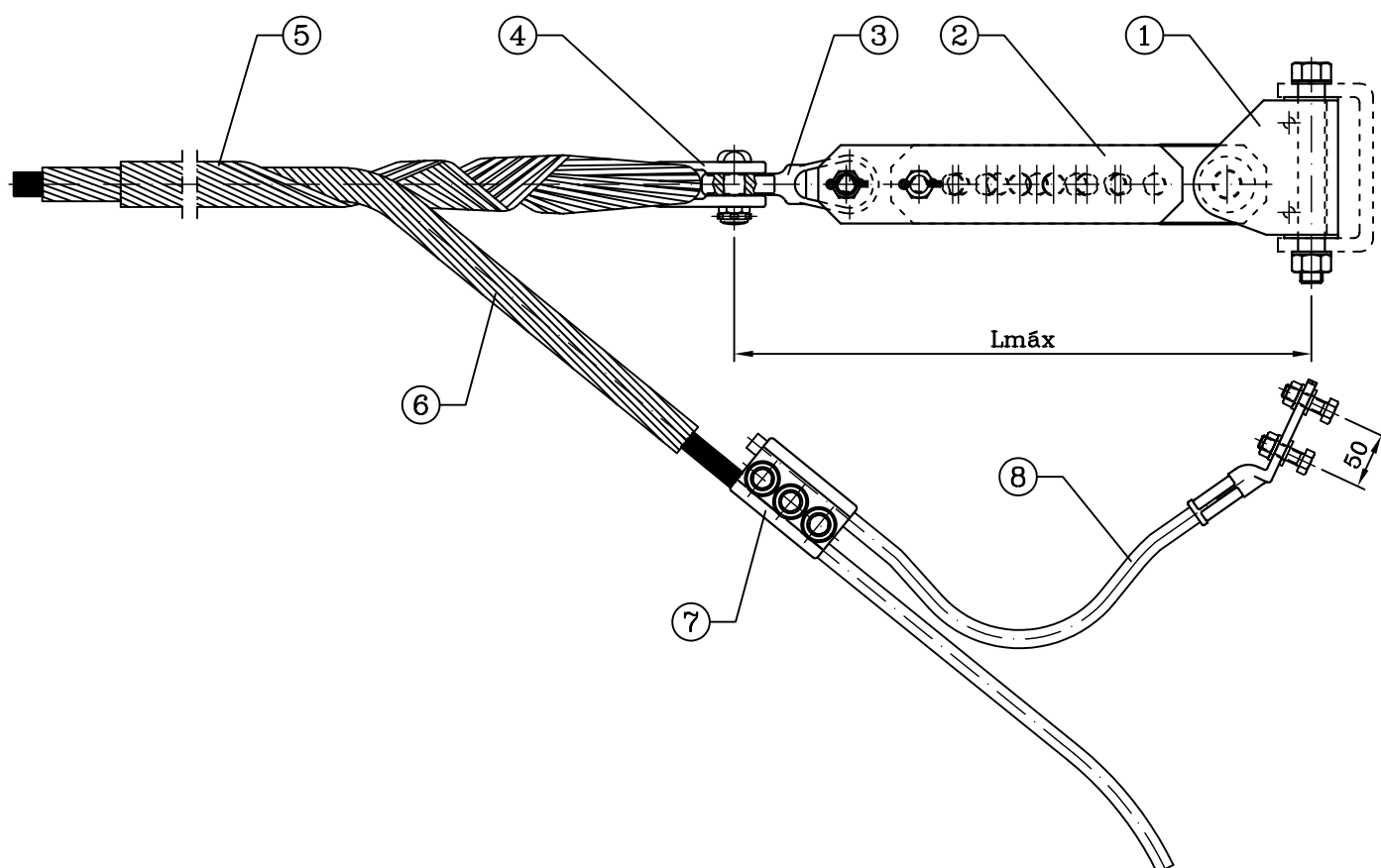


Posição	Comp. Útil (mm)	DESIGNAÇÃO
(1)	75	CHARNEIRA CH 150
(2)	300	PROLONGO PR 150
(3)	460	PINÇA DE AMARRAÇÃO PAP (secção)
Lmáx	375 mm	
Carga rotura	FUNÇÃO DA PINÇA DE AMARRAÇÃO UTILIZADA	
Peso aprox.	11 Kg	

 EQPJ-LN	PLANO DE CONJUNTO DE AMARRAÇÃO		≤ 50 kA Data: 08.11.03 Revisão: 3
	Cabo de Guarda OPGW	Linha Simples Linha Dupla	

SHUNT – Cabo de alumínio de $\varnothing$ 14mm.

Os materiais constituintes do Shunt devem permitir a passagem da corrente de curto circuito, 10 kA-1S, sem deterioração.



Posição	Comp. Útil (mm)	DESIGNAÇÃO
(1)	75	CHARNEIRA CH 150
(2)	340-550	PROLONGO REGULÁVEL
(3)	100	LIGADOR CRUZADO LC 150
(4)		PASSA CABOS
(5)		CONJUNTO DE VARETAS DE FIXAÇÃO
(6)		CONJUNTO DE VARETAS DE PROTECÇÃO
(7)		LIGADOR PARALELO
(8)		SHUNT
Lmáx		515-725 mm
Carga rotura		150 kN
Peso aprox.		14 Kg

ANEXO A.08

Capacidade Térmica dos Cabos (Em Regime Permanente)

Projeto

Capacidade Térmica - Regime Permanente

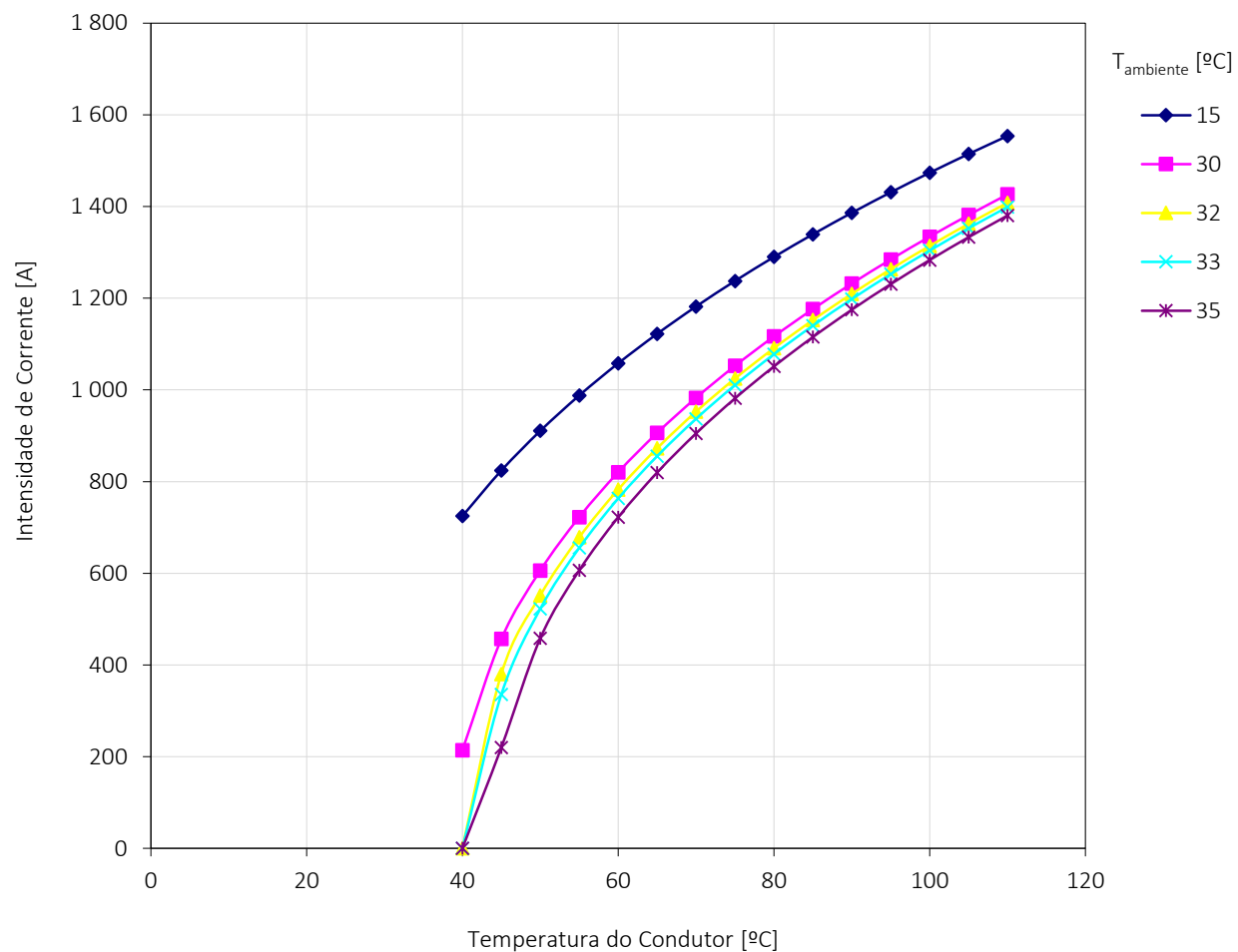
Cabo	ZAMBEZE
Rca-Resistência Eléctrica em C.A.[Ohm/m]	52.17E-6
K-Coeff.var.da Resist. do cabo c/temp.[/°K]	4.03E-3
D-Diâmetro do Cabo [mm]	31.8
C-Coeficiente de Absorção Solar	0.5
Rs-Radiação Solar [W/m ²]	1000
V-Velocidade do Vento [m/s]	0.6
e-Poder Emiss. Relação ao Corpo Negro	0.6
Constante de Steffan [W/m ² k ⁴]	56.70E-9

U=	400	kV	Condutores p/fase=	2
P[MVA]=	1 856.0	Ta [°C]=	15	Tc [°C]= 85
P[MVA]=	1 597.0	Ta [°C]=	32	Tc [°C]= 85

INTENSIDADE DE CORRENTE POR CABO [A]

Temperat. Cabo [°C]	Temperatura ambiente [°C]				
	15	30	32	33	35
40	725	214	---	---	---
45	824	457	380	336	220
50	911	606	552	522	458
55	988	722	678	655	606
60	1 058	820	783	763	722
65	1 122	906	873	855	820
70	1 182	983	952	937	905
75	1 238	1 052	1 025	1 011	981
80	1 290	1 117	1 091	1 078	1 051
85	1 339	1 176	1 152	1 140	1 115
90	1 386	1 232	1 210	1 198	1 175
95	1 431	1 284	1 263	1 253	1 231
100	1 474	1 334	1 314	1 304	1 283
105	1 515	1 381	1 362	1 353	1 333
110	1 554	1 426	1 408	1 399	1 380

Ampacidade



ANEXO A.09

Campo Elétrico

Projeto

EMIÇÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA
Cálculo do Campo Elétrico de Linhas MAT - Perfil do Campo Elétrico kV/m à Tensão Nominal

DADOS

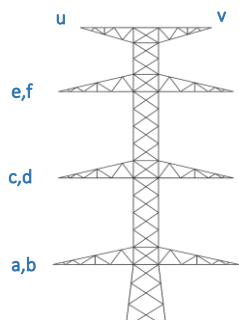
Apoios	DLT
Cond. Geminados	SIM
Nº de ternos	1

C. Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

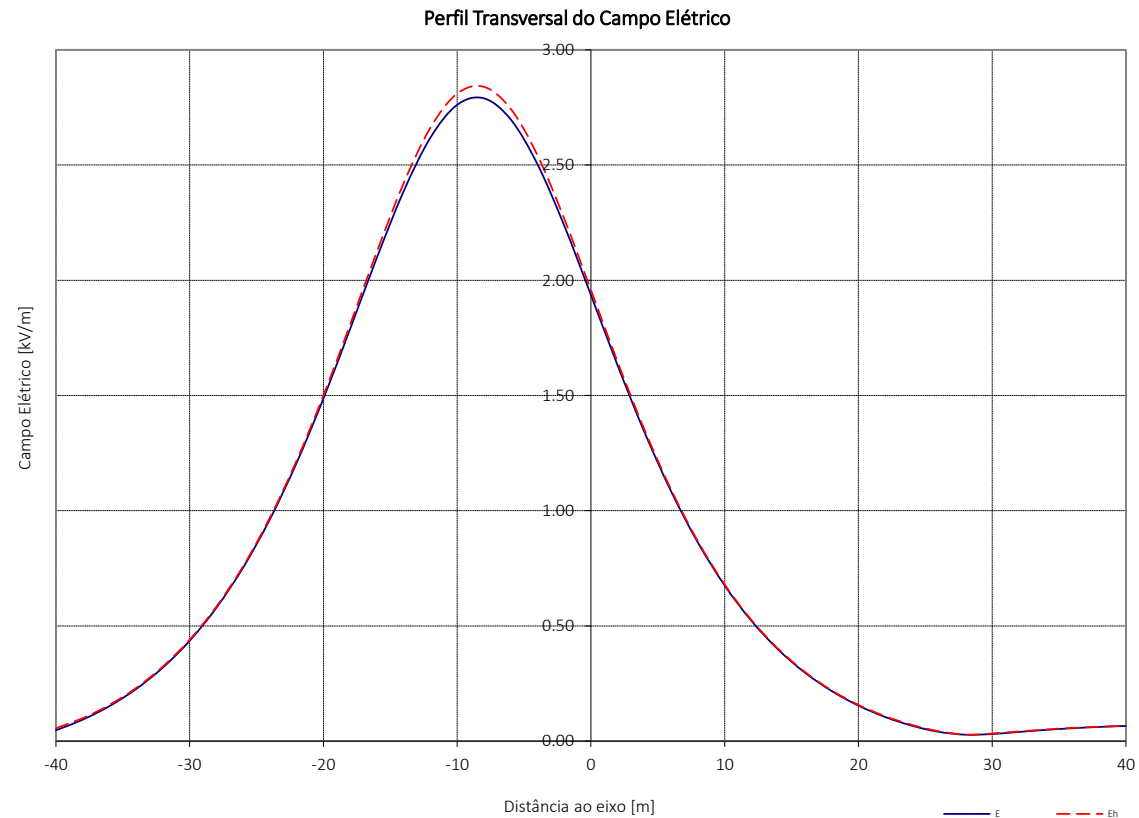
C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

Uc [kV]	400.00
Us [kV]	230.94

Geometria dos Cabos [m]			
Cond.	Fase	X	Y
a	0	-8.70	17.02
b	0	-8.30	17.02
c	4	-8.20	25.27
d	4	-7.80	25.27
e	8	-8.20	33.52
f	8	-7.80	33.52
u	-1	-6.00	39.62
v	-1	6.00	39.62



xN	E	Eh
-40	0.05	0.06
-38	0.09	0.10
-36	0.15	0.16
-34	0.23	0.23
-32	0.32	0.32
-30	0.44	0.44
-28	0.58	0.58
-26	0.75	0.76
-24	0.96	0.97
-22	1.21	1.22
-20	1.49	1.50
-18	1.79	1.81
-16	2.10	2.13
-14	2.39	2.42
-12	2.62	2.66
-10	2.76	2.81
-8	2.79	2.84
-6	2.70	2.74
-4	2.50	2.54
-2	2.24	2.27
0	1.94	1.96
2	1.63	1.64
4	1.34	1.35
6	1.08	1.09
8	0.86	0.87
10	0.68	0.68
12	0.52	0.53
14	0.40	0.40
16	0.30	0.30
18	0.22	0.22
20	0.15	0.16
22	0.10	0.11
24	0.07	0.07
26	0.04	0.04
28	0.03	0.03
30	0.03	0.03
32	0.04	0.04
34	0.05	0.05
36	0.06	0.06
38	0.06	0.06
40	0.07	0.07



Cond.	a	b	c	d	e	f	u	v
Emáx. [kV/cm]	15.07	15.08	16.02	16.01	15.07	15.09	7.86	2.73

Projeto

EMIÇÃO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA
Cálculo do Campo Elétrico de Linhas MAT - Perfil do Campo Elétrico kV/m à Tensão Máxima

DADOS

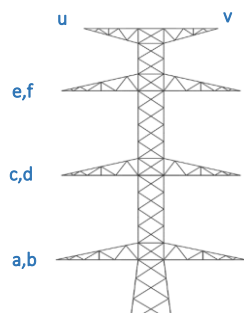
Apoios	DLT
Cond. Geminados	SIM
Nº de ternos	1

C. Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

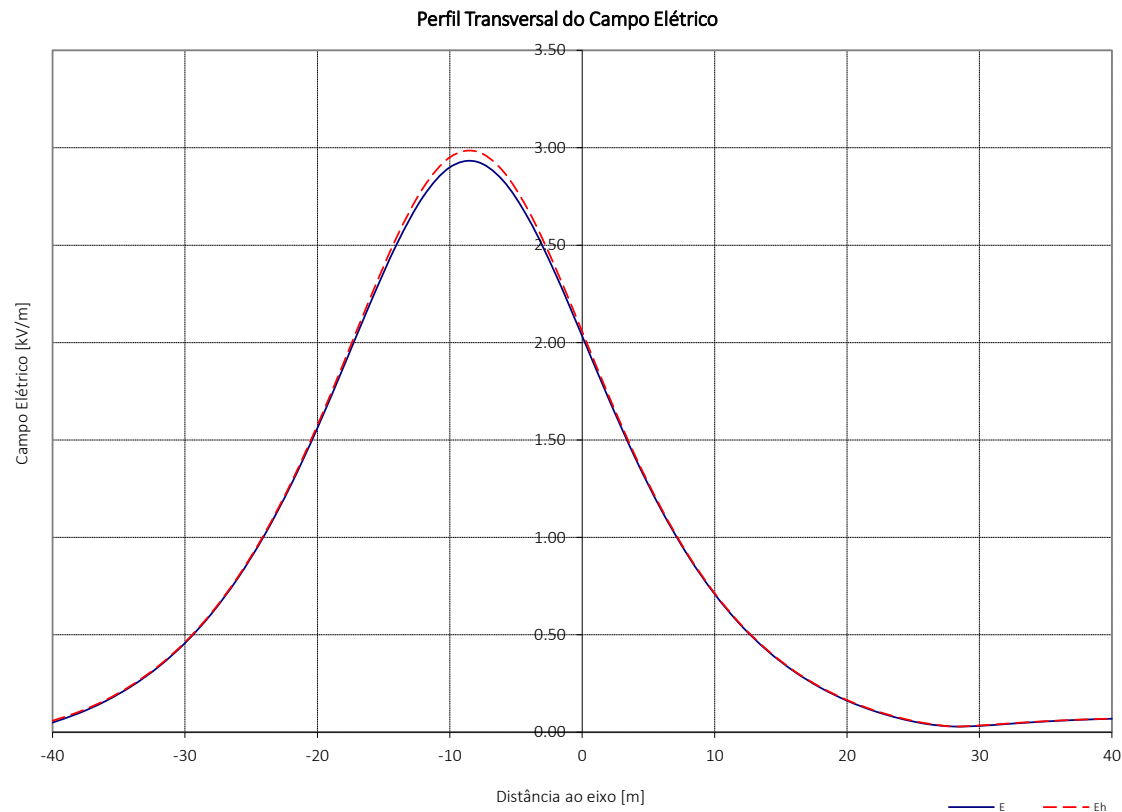
C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

Uc [kV]	420.00
Us [kV]	242.49

Geometria dos Cabos [m]			
Cond.	Fase	X	Y
a	0	-8.70	17.02
b	0	-8.30	17.02
c	4	-8.20	25.27
d	4	-7.80	25.27
e	8	-8.20	33.52
f	8	-7.80	33.52
u	-1	-6.00	39.62
v	-1	6.00	39.62



xN	E	Eh
-40	0.05	0.06
-38	0.10	0.10
-36	0.16	0.17
-34	0.24	0.24
-32	0.34	0.34
-30	0.46	0.46
-28	0.61	0.61
-26	0.79	0.80
-24	1.01	1.02
-22	1.27	1.28
-20	1.56	1.58
-18	1.88	1.90
-16	2.20	2.23
-14	2.51	2.54
-12	2.75	2.80
-10	2.90	2.95
-8	2.93	2.98
-6	2.83	2.88
-4	2.63	2.67
-2	2.35	2.38
0	2.03	2.06
2	1.71	1.73
4	1.41	1.42
6	1.14	1.15
8	0.90	0.91
10	0.71	0.71
12	0.55	0.55
14	0.42	0.42
16	0.31	0.32
18	0.23	0.23
20	0.16	0.17
22	0.11	0.11
24	0.07	0.07
26	0.04	0.05
28	0.03	0.03
30	0.03	0.03
32	0.04	0.04
34	0.05	0.05
36	0.06	0.06
38	0.06	0.07
40	0.07	0.07



Cond.	a	b	c	d	e	f	u	v
Emáx. [kV/cm]	15.82	15.84	16.83	16.81	15.82	15.85	8.25	2.86

ANEXO A.10

Indução Magnética

Projeto

Cálculo do Campo Magnético a uma distância h do solo

Perfil Transversal do Campo Magnético μT

CABO DE GUARDA LIGADO À TERRA

DADOS

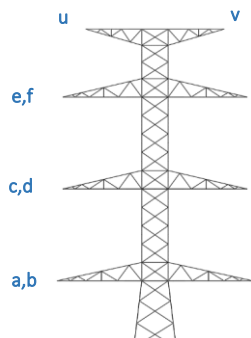
Apoios	DLT
Cond. Geminados	SIM
Nº.de ternos	1

C. Condutor	ZAMBEZE
Diâmetro CC [mm]	31.80

C. Guarda	OPGW
Diâmetro CG [mm]	15.80

U_c [kV]	400
I [A]	1339

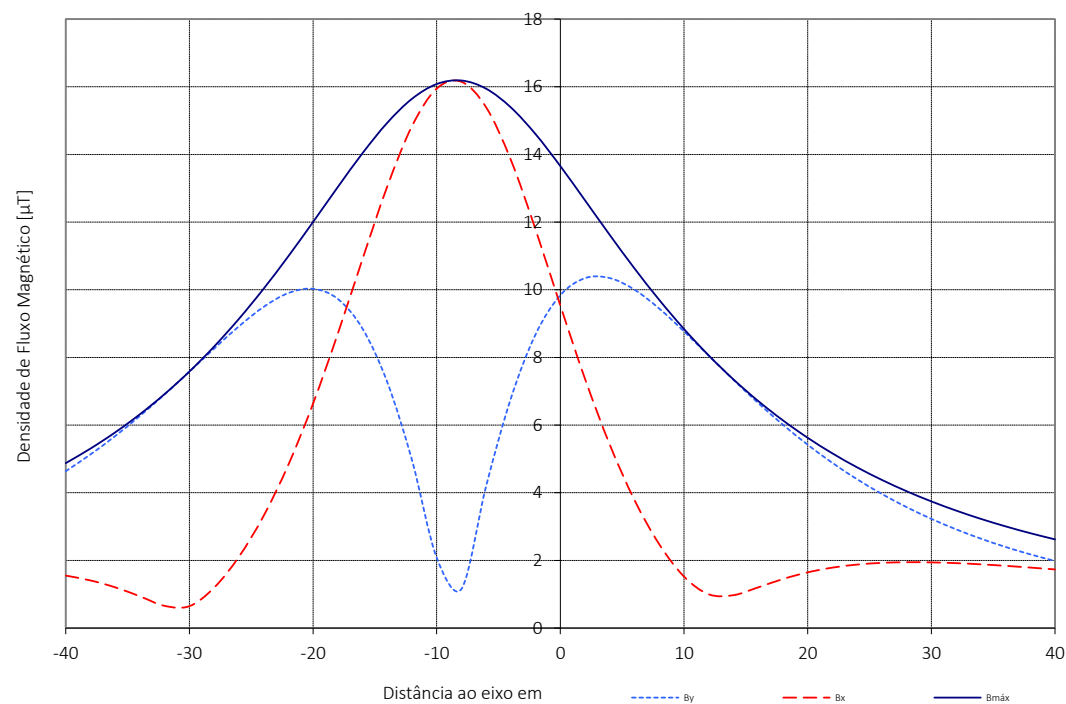
Geometria dos Cabos [m]			
Cond.	Fase	X	Y
a	0	-8.70	17.02
b	0	-8.30	17.02
c	4	-8.20	25.27
d	4	-7.80	25.27
e	8	-8.20	33.52
f	8	-7.80	33.52
u	-1	-6.00	39.62
v	-1	6.00	39.62



xN	h= 1.8 [m]		
	Bmáx	Bx	By
-40	4.87	1.55	4.64
-38	5.30	1.41	5.13
-36	5.78	1.20	5.68
-34	6.32	0.94	6.27
-32	6.92	0.66	6.91
-30	7.58	0.65	7.58
-28	8.32	1.19	8.26
-26	9.14	2.11	8.92
-24	10.03	3.31	9.49
-22	10.99	4.82	9.90
-20	12.00	6.63	10.03
-18	13.03	8.70	9.73
-16	14.04	10.91	8.85
-14	14.93	13.05	7.27
-12	15.64	14.83	4.97
-10	16.08	15.95	2.08
-8	16.18	16.15	1.16
-6	15.94	15.39	4.20
-4	15.39	13.83	6.79
-2	14.60	11.78	8.68
0	13.65	9.53	9.84
2	12.64	7.36	10.34
4	11.62	5.42	10.34
6	10.63	3.78	10.00
8	9.70	2.48	9.44
10	8.84	1.52	8.77
12	8.06	1.00	8.05
14	7.35	0.97	7.34
16	6.71	1.20	6.65
18	6.14	1.45	6.01
20	5.62	1.65	5.42
22	5.16	1.79	4.88
24	4.75	1.88	4.40
26	4.38	1.93	3.96
28	4.05	1.95	3.58
30	3.74	1.94	3.23
32	3.47	1.92	2.92
34	3.23	1.88	2.64
36	3.01	1.84	2.40
38	2.81	1.79	2.18
40	2.62	1.73	1.98

Distância ao solo h= 1.8 [m]

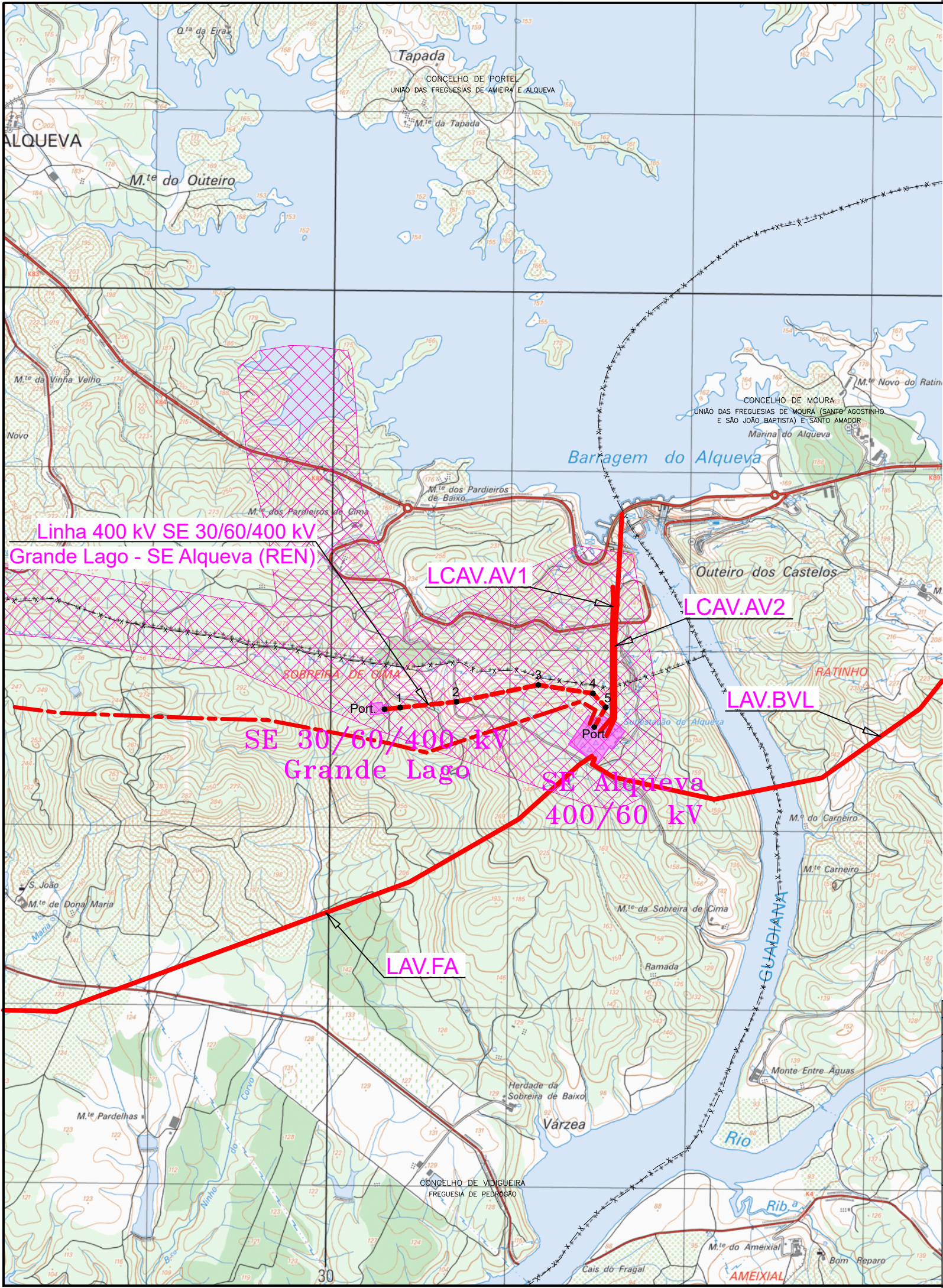
Perfil Transversal da Densidade de Fluxo Magnético B





PEÇAS DESENHADAS

LN 400 kV SE 30/60/400 Grande Lago – SE Alqueva (REN)



LINHAS DE 400kV

- LCAV.AV1 – Linha CENTRAL ALQUEVA – ALQUEVA 1
- LCAV.AV2 – Linha CENTRAL ALQUEVA – ALQUEVA 2
- LAV.FA – Linha ALQUEVA – FERREIRA DO ALENTEJO
- LAV.BVL – Linha ALQUEVA – BROVALES

LEGENDA:

TENSÕES

400 kV

220 kV

150 kV

TRAÇADO DAS LINHAS:

- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago – SE Alqueva (REN)
- Corredor Base para estudo da implantação das infraestruturas da RNT.
- Subestações
- Linha AV–DVR 1/2 a 400 kV (em reformulação)

					PROJ.	08/03/2024	J.Martins	
					LEV. TOP.	.	.	
					DES.	08/03/2024	F.Brito	
					VERIF.	08/03/2024	M.Pereira	
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A3	LINHA A 400 kV						
	OUTPUT 1x1	LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)						
	ESCALA 1:25000	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO						
		PROJETO						
		Freguesias: Pedrógão		Concelhos: Vidigueira				
		SUBSTITUI	CÓDIGOS DE OBRA			N° DESENHO		ÍNDICE
						1	P22.018.06.04.PP-001-01	.



SISTEMA DE COORDENADAS: PT-TM62/CRS89
DATUM: ALTIMETRICO - QUASARS

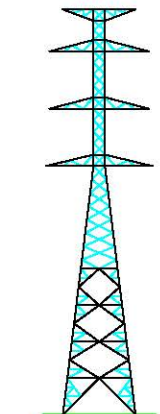
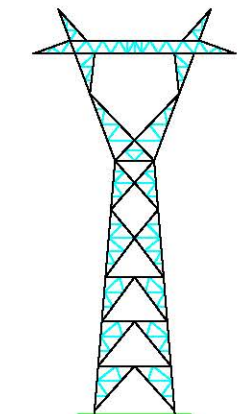
LEGENDA:

- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)
- Faixa de 45m
- Corredor de estudo das linhas elétricas

- Área de estudo do fotovoltaico flutuante
- Corredores de estudo das linhas elétricas
- DGT vértice geodésico
- DGT vértice geodésico zona proteção
- Domínio público hídrico
- Estrelas de pontaria

- Linhas de água REN
- Linhas de água cartografia militar
- Linhas elétricas existentes
- Património
- POAAP limite 500m
- POAAP zona proteção albufeira 30m

- POAAP zona reservada 50m
- POAAP zonas de proteção - áreas agrícolas e áreas florestais
- POAAP zonas de proteção - áreas agrícolas e áreas florestais + áreas com vocação turística
- POAAP zonas de proteção - áreas de conservação ecológica + áreas com vocação turística
- Rede viária faixa non aedificandi
- REN corredor projecto linha 400kV



				PRJ.		08/03/2024	J. Martins	
				LEV. TOP.		08/03/2024	F. Brito	
				VERIF.		08/03/2024	M. Pereira	
						DATA	RUBRICA	
INDICE		DESCRÇÃO		DATA		ALTERADO	APPROVADO	
		FORMATO				LINHA A 400 kV		
		OUTPUT				LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)		
		ESCALA				CONDICIONANTES AMBIENTAIS		
		1:2500				PROJETO		
						Freguesias Pedrôão		
						SUBSTITUI		
						CÓDIGOS DE OBRA		
						Nº DESENHO		
						1		
						P22.018.06.04.PP-003-01		
						INDICE		



LEGENDA:

- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)
- Faixa de 45m
- Corredor de estudo das linhas elétricas

Poste Tipo Q

Poste Tipo DL

PROJ.	06/03/2024	J. Martins
LEV. TOP.	06/03/2024	F. Brito
DES.	06/03/2024	M. Pereira
VERIF.	06/03/2024	M. Pereira

INDICE	DESCRÇÃO	DATA	ALTERADO	APPROVADO	DATA	RUBRICA
	FORMATO A1	LINHAA 400 kV				
	OUTPUT 1x1	LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)				
	ESCALA 1:2500	PLANTA DE ORTOFOTOMAPA PROJETO				
		SUBSTITUI		CÓDIGOS DE OBRA		
		1		P22.018.06.04 PP-004-01		

edp

Renovables

VVE

VALUE ELEMENT ENGINEERING

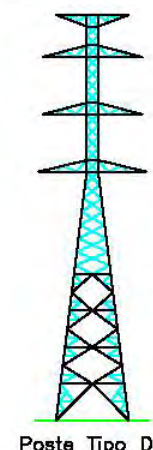
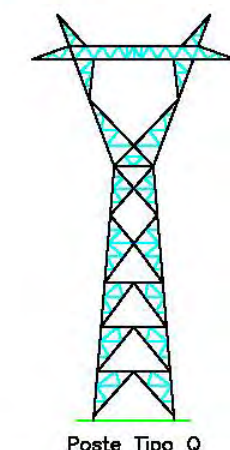
Concelhos Vidigueira



SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE - PT 11045/11046
DATA AUTORIZADO - 04/03/2024

LEGENDA:

- Linhas a 400kV
- Linha 400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)
- Faixa de 45m
- Corredor de estudo das linhas elétricas
- Linhas a 60kV
- Linhas a 30kV
- Marco geodésico
- Ligações entre marcos geodésicos
- Linha AV-DVR 1/2 a 400 kV (em reformulação)



						PRD.	06/03/2024	J.Martins	 edp Renewables
						LEV. TOP.	-	-	
						DES.	06/03/2024	F.Brito	
						VERIF.	06/03/2024	M. Pereira	
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA		
	FORMATO A1	LINHAA 400 kV							
	OUTPUT 1x1	LN400 kV SE 30/60/400 kV Grande Lago - SE Alqueva (REN)							
 VALUE ELEMENT ENGINEERING Sociedade Unipessoal Lda	ESCALA	CONDICIONANTES TÉCNICAS							
	1:2500	Freguesia: Pedrógão							Concelhos: Vidigueira
		PROJETO							
		SUBSTITUI	CÓDIGOS DE OBRA				Nº DESENHO		ÍNDICE
							1	P22.018.06.04.PP-005-01	



VALUE ELEMENT ENGINEERING
SOLUTIONS

M Rua do Multipark 1, N.º 79,
4595-542 Seroa – Paços de Ferreira
E geral@valueelement.pt

T +351 255 871 022
W www.valueelement.pt
in value-element-engineering-solutions